22102141874

Med
K34201

Der
Bau der Spinalganglien
des Menschen und der Säugetiere.

Von

Dr. A. S. Dogiel,

o. ö. Professor der Histologie an der Universität
und an dem Medizinischen Institut in St. Petersburg.

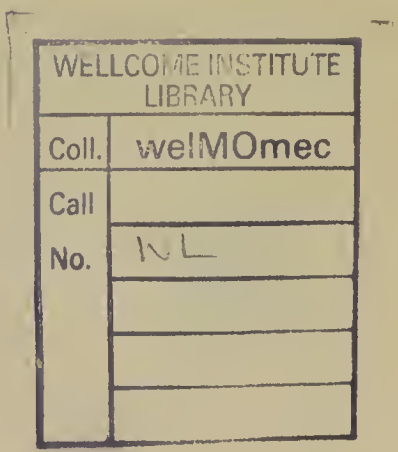
Mit 14 Tafeln und 5 Abbildungen im Text.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.
1908.

08739.
PHERAL NERVES, Texts 25 cent
NGLIA, SPINAL, Texts 20 cent
1884+

GM 1301

Alle Rechte vorbehalten.



Weimar. — Druck von R. Wagner Sohn.

Den hervorragenden Forschern

des Nervensystems

S. Ramon y Cajal * Camillo Golgi

Gustaf Retzius

gewidmet.

Inhalt.

	Seite
1. Einleitung	1—14
2. Untersuchungsmethoden	15—18
3. Der Bau der Spinalganglienzellen	19—31
4. Typen der Spinalganglienzellen	32—108
5. Sensible Apparate der Spinalganglien	109—132
6. Nervenfasern, welche in die Spinalganglien eintreten und in ihnen endigen	133—141
Schlußbetrachtungen	142—144
Figurenerklärung	145—148
Literaturverzeichnis	149—151

1. Einleitung.

Nachdem meine (9, 10, 11) Arbeiten über den Bau der Spinalganglien beim Menschen und bei Säugetieren im Druck erschienen waren, sind mehrere Untersuchungen über dieselbe Frage ausgeführt worden, unter denen die Forschungen des unermüdlichen spanischen Histologen S. Ramon y Cajal (3, 4, 5, 6, 7) den ersten Platz einnehmen. In seiner letzten Arbeit (6) über die Spinalganglien erhielt er bei Anwendung seiner neuen Methoden der Nervenimprägnation glänzende Resultate, die meine und seine früheren Beobachtungen teilweise bestätigen, teilweise durch neue, höchst wertvolle tatsächliche Befunde vervollständigen. Infolgedessen sehe ich mich veranlaßt, die wesentlichsten Befunde seiner Arbeiten in Kürze hier wiederzugeben. Zunächst weist S. R. y Cajal auf das Vorhandensein vieler Zelltypen in den Spinalganglien des Menschen und einiger Säugetiere (Pferd, Esel, Hammel, Katze und anderer) hin und fügt den bereits von mir beschriebenen Typen einige neue hinzu. Er beschreibt sechs Grundtypen von Spinalganglienzellen, welche deutliche unterscheidende Merkmale aufweisen.

Dem ersten Typus gehören seiner Meinung nach die von mir und anderen Forschern beschriebenen großen unipolaren Zellen mit dickem Nervenfortsatz an, der unter der Kapsel sich hin- und herwindet, häufig einen förmlichen Knäuel (glomerulus) bildet oder einige Male die Zelle umkreist.

Den zweiten Typus stellen multipolare Zellen dar mit kurzen, dicken Dendriten und einem Nervenfortsatz: die Dendriten endigen

unter der Zellkapsel mit keulenförmigen Anschwellungen. Bei der Beschreibung dieses Zelltypus erwähnt S. R. y Cajal unter anderem, daß es ihm nicht gelungen ist, die von mir angegebenen Zellen wahrzunehmen, deren Nervenfortsatz in seinem in der Regel von einer Markscheide nicht bedeckten Anfangsteil Seitenästchen abgibt, alsdann eine Markscheide erhält und allmählich in den Ganglien in eine Menge markhaltiger Ästchen zerfällt; letztere endigen nach Verlust der Markscheide auf der Oberfläche anderer Spinalganglienzellen. S. R. y Cajal spricht dabei die Vermutung aus, daß ich mich wahrscheinlich geirrt und die Äste irgendwelcher anderer (möglicherweise sympathischer) Fasern für Verzweigungen des Nervenfortsatzes gehalten haben möchte.

Als dritten Typus beschreibt S. R. y Cajal Zellen, deren Fortsätze unter der Kapsel in kugelförmigen Anschwellungen endigen. Diese Zellen sind häufig in den Spinalganglien des Menschen und selten bei den anderen von ihm untersuchten Tieren anzutreffen. S. R. y Cajal unterscheidet an ihnen drei Varietäten. Am häufigsten fand er Zellen, deren Fortsätze anfangs sehr dünn, späterhin sich verdicken und in Ovoiden, Spindeln oder kugelförmigen Anschwellungen endigen; häufig ist statt einer Anschwellung eine ganze Kette solcher zu erkennen. In einigen Fällen entspringen die erwähnten Fortsätze von dem Nervenfortsatz oder von anastomosierenden Bögen („arcos anastomóticos complicados"). Eine zweite Varietät dieser Zellen wird hauptsächlich beim Menschen und bei großen Säugern (Pferd, Esel) angetroffen. Sowohl von der Zelle selbst als auch von ihrem Nervenfortsatz gehen in diesem Fall, nach den Beobachtungen von S. R. y Cajal, äußerst feine und häufig sehr lange Ästchen ab, welche sich auf ihrem Verlauf zwischen den Zellen schlangenförmig winden und in großen kugelförmigen Anschwellungen endigen. Letztere sind von einer Kapsel umgeben, in welcher 2—3 Kernreihen wahrgenommen werden können; die Anschwellungen sind bisweilen sehr weit von der Spinalganglienzelle in den Zügen der weißen Substanz des Ganglion anzutreffen; die in diesen Anschwellungen endigenden Ästchen entspringen von

dem Nervenfortsatz in einem rechten Winkel. S. R. y Cajal nimmt an, daß diese von mir beschriebenen, von dem Nervenfortsatz bestimmter Spinalganglienzellen entspringenden Seitenästchen, den soeben erwähnten, in Anschwellungen endigenden Ästchen entsprechen und hält es für wahrscheinlich, daß sie mit einer Markscheide umgeben sind. Zu gunsten dieser Annahme spricht seiner Ansicht nach der Umstand, daß um die kugelförmigen Anschwellungen eine homogene, der Schwann'schen Scheide ähnliche Hülle zu erkennen ist. Einer Mischvarietät dieses Zelltypus rechnet schließlich S. R. y Cajal Zellen zu, deren Fortsätze in kugelförmigen Anschwellungen sowohl innerhalb der Kapsel als auch außerhalb derselben endigen; letztere entspringen gewöhnlich von dem Zellkörper, erstere von dem Nervenfortsatz. S. R. y Cajal richtet ferner die Aufmerksamkeit auf einzelne Fasern in der bindegewebigen Kapsel, besonders jedoch im Bindegewebe in der Nähe der Wurzeln der Spinalganglien vom Esel, welche in Gebilden endigen, die den (sensiblen) Endkörperchen gleichen. Dieselben weisen eine Kapsel auf, welche sich in die Henle'sche Scheide fortsetzt; in dem Hohlraum der Kapsel ist eine körnige Substanz und der in einer keulenförmigen Anschwellung endigende Nervenfortsatz vorhanden. Die Frage nach der Herkunft der mit den erwähnten Gebilden in Zusammenhang stehenden Faser läßt S. R. y Cajal offen.

Bei der Beschreibung des erwähnten Zelltypus berührt S. R. y Cajal naturgemäß die Frage über die Funktion der eingekapselten keulenförmigen Anschwellungen, in welchen sowohl innerhalb der Kapsel als auch außerhalb derselben die von dem Nervenfortsatz dieser Zellen abgehenden Ästchen endigen. Lägen diese Anschwellungen ausschließlich in den Bindegewebssepten und in der Hülle der Ganglien, dann könnten sie den Krause'schen Körperchen der Konjunktiva analogisiert werden; die in den Anschwellungen endigenden Ästchen müßten in diesem Fall peripheren sensiblen Nerven analog gesetzt werden, welche nicht in der Haut oder Schleimhaut, sondern innerhalb der Ganglien selbst in den eingekapselten Apparaten endigen. Die keulen-

förmigen Anschwellungen sind jedoch sowohl zwischen den Spinalganglienzellen als auch in den Nervenbündeln weit von den Zellen, sowie gleichzeitig auch unter der Kapsel derselben Zelle, von welcher die in diesen Anschwellungen endigenden Ästchen entspringen, vorhanden.

Der mannigfaltige Fundort dieser Gebilde weist nach S. R. y Cajal auf eine mannigfaltige Funktion derselben hin, bei dem jetzigen Stand der Frage ist jedoch zu gewagt, etwas über die Art dieser Funktion auszusagen. Nichtsdestoweniger entschließt sich S. R. y Cajal, die Annahme zu machen, daß die Spinalganglien möglicherweise mit perzipierenden sensiblen Apparaten versehen sind, welche Impulse sowohl den Zellen selber als auch dem Rückenmark überliefern.

Einen weiteren Typus bezeichnet S. R. y Cajal als „gefensterte Zellen“ (cellulas fenestradas). Dieselben sind durch ansehnliche Öffnungen in der Gegend der Ursprungszelle des Achsenzylinders charakterisiert, zwischen denen Neurofibrillenzüge verlaufen. Von einem der letzteren entspringt gewöhnlich der Nervenfortsatz, welcher dünner erscheint als die Neurofibrillenzüge, sich jedoch im übrigen durchaus nicht von den gleichen Fortsätzen anderer Spinalganglienzellen unterscheidet.

S. R. y Cajal hat diese Zellen zuerst in dem Ganglion n. vagi eines tollwütigen Hundes gesehen, darauf sie jedoch in den Ganglien, hauptsächlich in den Kopfganglien normaler Tiere (Pferd, Esel, Schwein u. a.) gefunden. Beim Menschen sind sie verhältnismäßig selten. Außerdem fand S. R. y Cajal an diesen Zellen kleine endokapsuläre Zellen, hauptsächlich in großer Zahl in der Gegend der Schlingen angehäuft und zwar in den von den oben erwähnten protoplasmatischen Strängen begrenzten Zwischenräumen. Diesen „Begleitzellen“, wie sie S. R. y Cajal nennt, spricht er in Berücksichtigung ihrer Menge und ihres engen Kontaktes mit dem Nervenzellprotoplasma eine große Bedeutung zu. Nach Ansicht des spanischen Forschers tritt das Netz der Stränge statt des vom Nervenfortsatz gebildeten Knäuels (glomerulus) auf, und hat den Zweck, einen innigeren

Zusammenhang zwischen den Zellen und den Verzweigungen der in den Ganglien endigenden zuführenden Fasern, falls solche vorhanden sind, herzustellen. Ferner nimmt er an, daß die Begleitzellen auf rein mechanischem Wege (durch Druck) die Zellen durchlöchern und die Ernährung sowie das Wachstum der Nervenfasern stimulieren.

Dem fünften Zelltypus rechnet S. R. y Cajal die bereits von mir beschriebenen bipolaren Zellen und schließlich dem sechsten Typus stark pigmentierte absterbende oder bereits abgestorbene Zellen zu, an denen es ihm bisweilen noch gelang das Vorhandensein des Achsenzylinders zu konstatieren.

Nach der Beschreibung der verschiedenen Typen spinaler Ganglienzellen geht S. R. y Cajal zu einer Beschreibung der in den Spinalganglien sich verzweigenden Nervenfasern über. Diesen zählt er zunächst marklose Fasern zu, welche unter allmählichem Zerfall in feine Fäden die bereits von mir beschriebenen perizellulären Netze oder Nester bilden. Bisweilen verläßt eine derartige Faser nach Anteilnahme an der Bildung eines perizellulären Netzes die Kapsel und erzeugt ein neues Netz um eine andere Zelle. Die perizellulären Netze fand S. R. y Cajal um die Zellen des ersten, dritten und sogar des vierten Typus, wobei an den gefensterten Zellen die Netze nach außen von den Begleitzellen gelegen sind, somit nicht in direktem Kontakt mit dem Körper der Spinalganglienzelle selber stehen. In einigen Fällen schien die Mehrzahl der Fäden des perizellulären Netzes über der Zellkapsel zu liegen. Außerdem wird bemerkt, daß beim Menschen in den Zwischenräumen zwischen den Ganglienzellen stellenweise Kernanhäufungen zu erkennen sind, zwischen denen dünne, variköse, gewundene Fasern, welche bereits von Retzius gesehen wurden, ein Geflecht bilden; diese Fasern entspringen in rechten Winkeln von dicken, mit einer Markscheide versehenen Nervenfortsätzen; S. R. y Cajal gelang es nicht, irgendwelche Beziehung dieser Geflechte zu Dendriten oder zu Zellen festzustellen und damit auch ihre Bedeutung zu bestimmen.

Das sind in Kürze die interessanten, von dem spanischen Histo-

logen beim Studium der Ganglien der Spinal- und Gehirnnerven vom Menschen und Säugetieren vermittelst des neuen Imprägnationsverfahrens der Nervenelemente gewonnenen Befunde.

Bald nachdem die Arbeit von S. R. y Cajal erschienen war, berichtete Levi (21) über einige Formen von Spinalganglienzellen bei Taubenembryonen. Die Spinalganglien wurden hierbei nach dem neuen Verfahren von S. R. y Cajal imprägniert. Nach den Beobachtungen von Levi werden in frühen Entwicklungsstadien der Ganglien spindelförmige Zellen angetroffen, von denen außer den zwei typischen Fortsätzen noch ein dritter entspringt. In späteren Entwicklungsstadien, wenn die Zelle unipolar wird, verschmilzt der dritte Fortsatz mit dem Nervenfortsatz. Nach den Beobachtungen von Levi sind in den Ganglien fernerhin Zellen vorhanden, von derem peripheren und zentralen Fortsatze Kollateralen abgehen; späterhin, wenn die betreffende Zelle unipolar wird, entspringen diese Kollateralen distalwärts von der Stelle der T-förmigen Teilung. Bei erwachsenen Tieren hat Levi diese Zellen nicht finden können. Außerdem beschreibt Levi noch bipolare Zellen, deren peripherer Fortsatz nach gabelförmiger Teilung augenscheinlich in den Ganglien selbst endigt und mit anderen Zellen in Verbindung tritt. Das Vorhandensein der Kollateralen und der erwähnten Zellen kann nach Ansicht von Levi als eine Bestätigung meiner Befunde beim Erwachsenen dienen. Ferner berichtet Levi über den Bau der Spinalganglien bei Cheloniern (22): in den Ganglien der Schildkröte findet er eine Bestätigung der Beobachtungen von S. R. y Cajal und erwähnt, daß die Fortsätze der Zellen eines bestimmten Typus, welche außerhalb und innerhalb der Kapsel in keulenförmigen Anschwellungen endigen, als echte Dendriten anzusehen sind. Nach seinen Beobachtungen teilen sich diese Fortsätze in einigen Fällen mehrfach, anastomosieren miteinander und sind derart zahlreich vorhanden, daß die Ganglienzelle von einem wahren Netz keulenförmiger Anschwellungen umgeben zu sein scheint.

In einer dritten Abhandlung beschreibt Levi (23) die Ganglien

von Selachiern und Knochenfischen und schildert in den Ganglien von Lophius piscatorius und budegassae, insbesondere jedoch von Orthagoriscus mola besondere Zellen, welche als beständige Elemente der Ganglien erscheinen. Diese Zellen stellen große, gewöhnlich bipolare, selten unipolare Elemente dar, deren peripherer Abschnitt aus verschieden dicken, miteinander anastomosierenden und ein mehr oder weniger dichtes (engmaschiges) Netz bildenden Bälkchen besteht. Der periphere Abschnitt der Zelle erscheint somit gleichsam durchlöchert (siebförmig), wobei in den Netzmaschen Zellelemente der Kapsel gelegen sind. Levi nimmt an, daß die Kapsel mit dem siebförmigen Teil der genannten Zellen verwächst.

Da, wo der zentrale Fortsatz von diesen eigenartigen Zellen abgeht, erscheint er durch Bälkchen mit dem peripherischen Netz verbunden; bisweilen hängt er mit der Zelle ausschließlich durch das Balkennetz zusammen. Der periphere Fortsatz dieser Zellen entspringt unmittelbar von den Bälkchen.

Zellen mittlerer Größe und kleine Zellen entsenden viele kurze Fortsätze, welche außerhalb der Kapsel endigen; von dem Anfangsteil ihres Nervenfortsatzes entspringen Seitenästchen.

Außerdem gelang es Levi wahrzunehmen, daß die großen Zellen von einem Netz äußerst feiner Fäden umflochten werden; die Herkunft dieses Netzes konnte er jedoch nicht klarlegen. Bemerkenswert ist es, daß nach seinen Beobachtungen das erwähnte Netz mit den Bälkchen des peripheren Abschnittes der Zelle anastomosiert. Weiterhin führt Levi aus, daß, wenn das perizelluläre Netz die Endigung sympathischer Fasern darstellt, wie es bei anderen Tieren von Ehrlich, Retzius, Dogiel, S. R. y Cajal beschrieben worden ist, so müsse anerkannt werden, daß die Endverzweigungen genannter Fasern unmittelbar mit dem Protoplasma der Spinalganglienzellen verbunden ist.

Fast gleichzeitig mit den Abhandlungen von Levi erschien die Arbeit von M. v. Lenhossék (20), in welcher er den Bau der Spinalganglien bei Säugetieren (Katze, Hund, Pferd, Rind) und beim Menschen beschreibt. Lenhossék untersuchte die

Ganglien vermittelst des Verfahrens von S. R. y Cajal und fügt eigentlich wenig neues zu dem bereits von dem spanischen Histologen Mitgeteilten hinzu. Lenhossék bestätigt die Beobachtungen S. R. y Cajals über den Bau der Spinalganglienzellen und der endokapsulären oder „Begleitzellen“ und hält letztere für Zellen ektodermalen Ursprungs, wobei sie vollkommen den Lemmozyten (Schwann'schen Zellen) der peripheren Nervenfasern entsprechen sollen. Hinsichtlich der Funktion dieser Zellen kann er nichts bestimmtes aussagen, spricht jedoch die Vermutung aus, daß ihnen möglicherweise eine sekretorische Tätigkeit zukommt; in diesem Falle müßten die Zellen in ihrer Gesamtheit seiner Meinung nach als „glandula interstitialis“ der Spinalganglien angesehen werden. Die Zellkapsel stellt nach den Beobachtungen Lenhosséks eine äußerst dünne aus flachen Epithelzellen (Endothelzellen) bestehende Membran dar; einwärts von ihr liegen „Begleitzellen“ oder sog. „Mantelzellen“ (Amphizyten). Die Zellen besitzen keine andere Hülle, da sich nach außen von den Endothelzellen nur Bindegewebe vorfindet, welches die einzelnen Zellen von einander scheidet. Die Kapsel fehlt vollkommen in den Spinalganglien des Pferdes, in denen ihre Stelle kleine, jede Zelle allseitig umgebende Mantelzellen einnehmen. Die Kapsel stellt somit kein wesentliches, für die Spinalganglienzellen charakteristisches Gebilde dar; wesentlich sind nur die Spinalganglienzellen selbst und die sie umgebenden Mantelzellen.

Der Hauptfortsatz der Zelle bildet bereits in der Nähe seiner Abgangsstelle einen dichten Knäuel, welcher unter der Kapsel gelegen ist, häufig sich um die Zelle windet und an dem entgegengesetzten Pol der Zelle aus der Kapsel heraustritt. Lenhossék hält die Bildung der perizellulären Bögen seitens dieses Fortsatzes als typisch für die Spinalganglienzellen des Menschen, dieselben sind jedoch keine konstante Erscheinung bei anderen Tieren; die bogenförmigen Windungen des Fortsatzes sind nur von Mantelzellen umgeben. Innerhalb der Kapsel erhält der Fortsatz ein Neurilemm, welches nach der Annahme von Len-

hossék vielleicht aus Mantelzellen gebildet wird, infolge dessen muß eine gewisse Analogie zwischen diesen und den Lemmozyten vorhanden sein. An sämtlichen Stellen, an denen der Fortsatz Windungen beschreibt, ist eine Vermehrung der Zahl der Mantelzellen zu erkennen, wobei die Windungen allseitig von letzteren umgeben sind.

Die von S. R. y Cajal beschriebenen periglomerulären Verzweigungen werden nach den Beobachtungen Lenhosséks wenigstens in den Ganglien des Menschen sehr selten angetroffen. Hinsichtlich der von S. R. y Cajal als „cellulas con protoplasma fenestrada" bezeichneten Zellen gibt Lenhossék an, daß die Schlingen der Zellen nicht den Charakter von Protoplasmaaufsplitterungen oder von Dendriten haben, sondern ebenso scharf konturiert, wie die Nervenfortsätze sind. An der Bildung der genannten Schlingen kann auch der Fortsatz teilnehmen, wobei derselbe in einiger Entfernung von der Zelle sich in zwei Äste teilt, von denen der eine nach Bildung einer Schlinge zur Zelle zurückkehrt, oder aber es entspringt an der Stelle der Windung des Fortsatzes ein dünner Seitenast, welcher sich alsbald mit der Zelle vereinigt.

Von den multipolaren Zellen entspringen gewöhnlich 6—7 Fortsätze, welche nicht den Charakter von Dendriten aufweisen, sondern in Berücksichtigung ihres glatten und scharfen Kontours eher echten Nervenfortsätzen gleichen. Dieselben anastomosieren auch innerhalb der Kapsel in verschiedener Entfernung von der Zelle miteinander und bilden Schlingen; oder aber einige dieser Fortsätze vereinigen sich miteinander und bilden ein weitmaschiges Netz (Gitterwerk), welches die Oberfläche der Zelle nicht berührt. Das Netz ist zwischen den Mantelzellen gelegen; derartige multipolare Zellen werden in den Spinalganglien des Menschen sporadisch angetroffen. In den Spinalganglien des Pferdes sind, statt der soeben erwähnten Zellen, andere vorhanden, welche dadurch charakterisiert sind, daß ihr Fortsatz auf seinem gewundenen Verlauf zwischen den Mantelzellen verschieden dicke Ästchen abgibt, welche mitein-

ander und mit dem Fortsatz anastomosieren und ein Reticulum bilden. Der Unterschied zwischen diesen Zellen und den multipolaren des Menschen besteht nur darin, daß in den ersteren das Netz im Gebiet eines Zellpols und nicht um die Zelle herum gelegen ist.

In letzter Zeit, als meine Untersuchung bereits vollendet war, erschienen noch einige weitere Arbeiten, welche die mich interessierende Frage zum Gegenstand hatten. Hierher gehören zunächst die interessanten Arbeiten von J. Nageotte (26, 27). In seiner ersten Mitteilung (26) bespricht Nageotte die Regeneration der Nervenfasern in den hinteren Wurzeln und die eingekapselten „Wachstumskolben“ in den Spinalganglien des Menschen bei Tabes sowie im normalen Zustande. Seinen Beobachtungen nach werden bei Tabes in den hinteren Wurzeln und in den Spinalganglien beständig zahlreiche marklose Fasern angetroffen, welche in den von S. R. y Cajal in normalen sowie pathologischen spinalen und sympathischen Ganglien beschriebenen kolben- und keulenförmigen Anschwellungen endigen. Die erwähnten, sich regenerierenden Fasern mit den kolbenförmigen Anschwellungen sind besonders zahlreich in alten Tabesfällen; sie entstehen aus dem Zellkörper oder aus dem vom Nervenfortsatz gebildeten Knäuel oder aus dem extrakapsulären Teil des ersteren. Am häufigsten entspringen sie nach Nageotte vom Knäuel, am seltensten vom Zellkörper; es gibt jedoch Fälle, in denen sämtliche Abschnitte des sensiblen Neurons neuen Fasern den Ursprung geben.

Nageotte nimmt an, daß die regenerierenden Fasern aus den Ganglien teilweise in hintere Wurzeln eintreten, teilweise jedoch in den Ganglien selbst an ihrem oberen Pol, niemals jedoch in den peripheren Nerven angetroffen werden. Während des Wachstums winden sich diese vom Nervenfortsatz entspringenden Fasern nicht selten um diesen herum oder zerfallen in ein Bündel von Fasern, oder aber sie teilen sich dichotomisch usw. Die wachsenden Fasern werden in ihrem Verlauf gewöhnlich von einer bindegewebigen (Henle'schen) Scheide

umgeben, welche anfangs auch die Kapsel für die Wachstumskolben bildet.

Die Wachstumskeulen stellen nach Nageotte die charakteristischste Erscheinung der regenerierenden Fasern dar; sie weisen eine verschiedene Größe und Form auf und erscheinen körnig; eine Zusammensetzung derselben aus Neurofibrillen und perifibrillärer Substanz konnte er nicht feststellen.

Sämtliche Fasern mit Wachstumskolben hält Nageotte für sich neu bildende Fasern, welche bestimmt sind, einen Ersatz für die bei Tabes zugrunde gegangenen Fasern der hinteren Wurzeln zu bilden. Normal geht ebenfalls ein Regenerationsprozeß der Nervenfasern vor sich, jedoch in schwächerem Maße als bei Tabes.

Die von S. R. y Cajal beschriebenen, von der Zelle selbst sowie von den intra- und extrakapsulären Abschnitten des Nervenfortsatzes gewisser Spinalganglienzellen abgehenden, in keulenförmigen eingekapselten Anschwellungen endigenden Fasern müssen damit nach Nageotte sich neubildenden Fasern zugerechnet werden. Da derartige Fasern nicht nur in den hinteren Wurzeln und Spinalganglien, sondern auch in einigen Abschnitten des Zentralnervensystems (z. B. im Kleinhirn) angetroffen werden, so nimmt Nageotte an, daß dieselben nicht nur den sensiblen, sondern auch anderen Neuronen zukommen.

In einer zweiten Abhandlung beschreibt Nageotte (27) die Resultate der Transplantation von sakralen Spinalganglien des Kaninchens unter die Haut des Ohres eines anderen Kaninchens. Nach 15 Tagen untersuchte er die Ganglien nach dem Verfahren von S. R. y Cajal und fand, daß einige an der Peripherie der Ganglien gelegene Zellen ungeachtet der veränderten Ernährungs- und anderer Bedingungen lebend geblieben waren. Diese Zellen erscheinen mehr oder weniger geschrumpft. Ihre Kerne liegen exzentrisch, der von dem Nervenfortsatz gebildete Knäuel fehlt, dafür gehen jedoch von ihnen zahlreiche dünne und dicke Fortsätze ab. Erstere entspringen sowohl von der Zelle selber, als auch von den dicken Fortsätzen und stellen das subkapsuläre Geflecht

dar, welches seinerseits Bündel feiner Fasern entsendet; die letzteren sondern sich in der Zahl von 3 oder 4 von der Zelle ab und bilden in geringer Entfernung von derselben verschieden gestaltete Anschwellungen. Von diesen letzteren gehen zahlreiche, feine, in kleinen Kugeln endigende Fädchen ab. Einige der Fortsätze verästeln sich baumförmig, wobei die entstehenden feinen Ästchen ebenfalls in kleinen Kugeln endigen.

Bald nach der Arbeit von Nageotte erschien S. R. y Cajal's (7) Abhandlung über „Die histogenetischen Beweise der Neuronentheorie von His und Forel". Hier gibt er seine bereits in spanischer Sprache erschienenen Befunde wieder und schreibt unter anderem, in Berücksichtigung seiner früheren Befunde an den Spinalganglien, daß die von ihm beschriebenen knopfförmigen Anschwellungen, in denen besondere, von der Zelle selbst und von ihrem Nervenfortsatz in wechselnder Entfernung von ihr abgehenden Fortsätze endigen, den Wachstumskolben vollkommen gleichen. In letzter Zeit gelang es S. R. y Cajal derartige Fasern nicht nur in den Ganglien, sondern auch außerhalb derselben in den sensiblen Nerven selbst (Trigeminus und Vagus) zu sehen. Diese Befunde, sowie die ihnen analogen in den Spinalganglien alter Individuen, in dem Kleinhirn u. a. veranlassen S. R. y Cajal mit Rücksicht auf die Arbeit von Nageotte zu dem Schluß, daß die in den knopfförmigen Anschwellungen endigenden Nervenfortsätze und deren Kollateralen sich neubildende Fasern darstellen. In den normalen Ganglien des Menschen und der Säuger geht somit beständig ein Neubildungsprozeß von Nervenfasern vor sich, welcher unter pathologischen Verhältnissen besonders lebhaft werden kann.

Zum Schluß der Literaturübersicht über den Bau der Spinalganglien muß ich noch auf die soeben erschienenen Abhandlungen von Levi und Nageotte hinweisen. Levi's (24) Abhandlung hat die Spinalganglien verschiedener Säugetiere zum Gegenstand, wobei er einige Befunde über die Histogenie der „cellulas fenestradas" von S. R. y Cajal und der Zellen, deren Fortsätze in knopfförmigen und kugelförmigen Anschwellungen

endigen, anführt. In dem ersten Teil seiner Arbeit fügt er zu den Befunden S. R. y Cajals nichts neues hinzu; was jedoch die Histogenese der erwähnten Zellen anbetrifft, so teilt Levi einige interessante Befunde über die Entwicklung der gefensterten Zellen mit. Nach seinen Beobachtungen an Säugetierembryonen (Ovis aries, Sus scrofa und Bos taurus) erscheinen zunächst in den Spinalganglienzellen einige kleine Öffnungen, welche allmählich an Größe zunehmen und sich der Zelloberfläche nähern, wobei die sie trennenden Protoplasmazüge sich verfeinern. Diese Öffnungen entstehen am häufigsten an der Abgangsstelle des Nervenfortsatzes von der Zelle; in ihnen sind gewöhnlich die Begleitzellen zu erkennen. Während des weiteren Wachstums und der Entwicklung der Zellen vermehrt sich die Zahl der Protoplasmazüge; der Nervenfortsatz windet sich allmählich schleifenförmig, infolgedessen das Bild der gefensterten Zellen in den Ganglien der Erwachsenen resultiert. Bei Embryonen gelang es Levi, die Bildung der für gewisse Spinalganglienzellen charakteristischen Fortsätze mit keulenförmigen Anschwellungen wahrzunehmen.

Bei Besprechung der letzten Arbeit von Lenhossék schreibt Levi unter anderem, daß nach seinen Beobachtungen die Begleitzellen über den Spinalganglienzellen bei Orthagoriscus am ehesten den Bindegewebselementen zugezählt werden müssen.

Nageotte (28) gelangte nach der Transplantation der Spinalganglien zum Schluß, daß in diesen die unipolaren Zellen sich in multipolare umwandeln, wobei sie einige Zelltypen in den normalen Spinal- und sympathischen Ganglien wiederholen.

Er unterscheidet Zellen mit lappenförmigen Fortsätzen, welche gewöhnlich von perizellulären Netzen umflochten sind, ferner Zellen, von deren Körper stark gewundene in Schlingen und Anschwellungen endigende Fortsätze abgehen. Nageotte berichtet außerdem, daß in den transplantierten Ganglien äußerst feine und schwachverästelte Fasern vorkommen, welche in Anschwellungen endigen; einige dieser Fasern sollen in den Bestand der perizellulären Netze eintreten. Letztere bestehen aus

sehr feinen Fasern, welche teilweise den Verzweigungen der Fortsätze anderer Zellen angehören, teilweise von den Fortsätzen derselben Zelle entspringen. Im perizellulären Netz hat Nageotte Fasern wahrgenommen, welche in Schlingen und Verdickungen endigen. Sowohl die Fortsätze der multipolaren Zellen als auch die verschiedenen in Anschwellungen und Schlingen endigenden Fasern sieht Nageotte für regenerierende Fasern an.

Ich muß jedoch bemerken, daß es schwer fällt, aus der kurzen Beschreibung von Nageotte sich eine Vorstellung davon zu machen, um welche Zellen es sich hier handelt und welche Fasern an der Bildung der perizellulären Netze teilnehmen.

Die oben erwähnten Untersuchungen von S. R. y Cajal erregten mein Interesse in hohem Maße, da sie teilweise meine früheren Beobachtungen über den Bau der Spinalganglien des Menschen und der Säugetiere tangieren; infolgedessen entschloß ich mich, dieselben vermittelst der von S. R. y Cajal empfohlenen neuen Imprägnationsmethode der Nervenelemente mit Silbernitrat sowie vermittelst der Methylenblaufärbung der Ganglien nachzuprüfen.

2. Untersuchungsmethoden.

Zur Untersuchung gelangten sowohl Spinalganglien (aus der Hals-, Brust-, Mark- und Lendengegend) als auch das Ganglion Gasseri vom Menschen, Affen, Pferd, Katze und Hund, wobei die Färbung mit Methylenblau nach zwei Verfahren ausgeführt wurde.

Das erste Verfahren bestand darin, daß vermittelst eines Rasiermessers aus freier Hand möglichst dünne Schnitte[1]) angefertigt und darauf auf Objektträgern in kleinen Tropfen $^1/_8 - ^1/_4$ proz. Lösungen von Methylenblau aufgereiht wurden; die dem Beobachter zugekehrte Oberfläche eines jeden Schnittes wird mit den gleichen Lösungen des Farbstoffs leicht angefeuchtet. Die Objektträger mit den Präparaten werden alsdann in Petrischalen gebracht, welche zugedeckt im Thermostaten bei einer Temperatur von 36—37° C aufgestellt werden.

Je nach 10—15 Minuten müssen die Präparate unter dem Mikroskop durchmustert werden, um den Verlauf der Färbung der Nervenelemente zu verfolgen und die Präparate rechtzeitig zu fixieren, andererseits müssen jedoch auch die Präparate von Zeit zu Zeit von neuem angefeuchtet werden, falls ihre Oberfläche nicht genügend feucht erscheint.

Die Färbung der Schnitte erfolgt so lange, bis eine genügende Tinktion der Nervenelemente erreicht ist, was gewöhnlich nach $1—1^1/_2$ Stunden der Fall ist; in einigen Schnitten werden die Spinalganglienzellen früher, in anderen später gefärbt. Das

[1]) Bei einiger Übung gelingt es aus freier Hand dermaßen dünne Schnitte anzufertigen, daß sie leicht mit Immersionssystemen untersucht werden können.

Gelingen der Färbung hängt nicht nur von der Frische des Materials, sondern auch davon ab, daß der Moment der maximalen Färbung richtig abgepaßt wird und die Präparate rechtzeitig fixiert werden. Andererseits erfolgt eine unvollkommene oder im Gegenteil eine diffuse Färbung der Zellen, die derartige Präparate zur Untersuchung wenig geeignet macht.

Die Präparate werden mittels einer 7 proz. Lösung von molybdänsaurem Ammonium im Verlauf von 18—20 Stunden fixiert, worauf die Schnitte in Wasser ausgewaschen, entwässert, in Xylol aufgehellt und in Xylol-Damar oder Kanadabalsam eingeschlossen wurden.

Um jedoch eine vollständigere Vorstellung von dem Bau der Spinalganglien zu erhalten, ist es außerdem erforderlich, dieselben in toto zu färben und zu untersuchen. Zu dem Zwecke eignen sich am besten die größten Ganglien und zwar die oberen Hals- oder die Lendenganglien. Die Färbung der Ganglien erfolgt auf recht einfache Weise: die ausgeschnittenen Ganglien werden in Petrischalen auf eine Schicht Glaswatte gelegt, welche mit physiologischer Kochsalzlösung befeuchtet ist. Die dem Beobachter zugekehrte Oberfläche des Präparates wird mit einer $^1/_6$—$^1/_8$ proz. Methylenblaulösung übergossen; die geschlossene Schale wird dann auf 2—$2^1/_2$ Stunden in dem Thermostaten bei einer Temperatur von 36°—37° C aufgestellt. Im Verlauf dieser Zeit muß die Oberfläche der Präparate mehrere Male mit der erwähnten Farbstofflösung befeuchtet werden; nach der Färbung werden die Präparate in eine große Menge 7 proz. Ammoniummolybdatlösung übergeführt, in der sie 18—20 Stunden verbleiben. Die auf die genannte Art fixierten Präparate werden 3—6 Stunden lang im Wasser ausgewaschen; alsdann wird von jedem Ganglion und zwar von der Seite desselben, welche der Glaswatte auflagernd ungefärbt erscheint, vorsichtig vermittelst einer Scheere so viel abgeschnitten, bis das übriggebliebene Stück dermaßen dünn ist, daß es unter dem Mikroskop untersucht werden kann. So zubereitete Präparate werden in Alkohol entwässert, in Xylol aufgehellt und in Xylol-Damar oder Kanadabalsam eingeschlossen.

Die Imprägnation der Ganglien mit Silbernitrat erfolgte nach den Angaben von S. R. y Cajal (4, 5). Einige Abweichungen von diesem Verfahren bestanden darin, daß die Ganglien zunächst in absolutem Alkohol mit Ammoniak (auf 100 ccm. Alkohol $^1/_2$ bis 1 ccm. Ammoniak) ein bis zwei Tage lang fixiert, dann in eine 1—2—3 proz. Lösung von salpetersaurem Silber eingelegt und für 3—4—5 Tage im Thermostaten bei einer Temperatur von 36—37° C aufgestellt wurden. Es folgte darauf Abspülung der Präparate in destilliertem Wasser und Überführung derselben in das reduzierende Gemisch aus Pyrogallussäure, Formol und Wasser für einen Tag. Alsdann wurden die Präparate in Wasser abgespült, in Alkohol gehärtet, in Celloidin eingebettet und durch das Mikrotom in Schnitte zerlegt.

Was die Befunde betrifft, die man an den Spinalganglien mittels Methylenblaufärbung und mit dem Ramon'schen Verfahren erhält, so muß ich bei vollkommener Objektivität beiden Verfahren gegenüber bemerken, daß das erste Verfahren weit günstigere Resultate erzielt und weniger Mängel aufweist als das zweite.

Zunächst gibt uns das erste Verfahren die Möglichkeit an die Hand, die Ganglien sowohl auf verhältnismäßig dünnen Schnitten, als auch an Totalpräparaten zu untersuchen, infolge dessen viele Spinalganglienzellen und ihre Fortsätze in toto, unzerschnitten, sichtbar sind, sodaß die Fortsätze nicht nur im Bereich der Ganglien, sondern auch häufig in den mit letzteren verbundenen Nervenstämmchen auf weite Strecken hin verfolgt werden können.

An den nach diesem Verfahren hergestellten Präparaten sind nur selten alle oder viele Ganglienzellen von der Färbung getroffen, gewöhnlich erscheinen auf ihnen hauptsächlich nur Zellen einiger Typen gefärbt, infolge dessen der Verlauf der Fortsätze leichter verfolgt werden kann. Außerdem färbt Methylenblau viel besser die Nervenendapparate, welche, wie weiter unten ausgeführt werden soll, in den Ganglien sehr zahlreich vertreten sind. Das Verfahren der Methylenblaufärbung mit nachfolgender

Fixierung der Präparate in molybdänsaurem Ammonium und Alkohol führt schließlich nicht zu derartigen Veränderungen der Spinalganglienzellen und ihrer Fortsätze (starke Schrumpfung derselben), wie sie bei der Behandlung der Präparate nach dem Verfahren von S. R. y Cajal beobachtet werden. Außerdem gestattet es die Methylenblaumethode ohne besondere Mühe, markhaltige Nervenfasern von marklosen zu unterscheiden.

Dem Gesagten muß noch hinzugefügt werden, daß das Methylenblau nicht oder in nur geringem Maße das Bindegewebe der Ganglien (hauptsächlich die Bindegewebszellen) färbt, was insofern einen Vorteil dieser Methode darstellt, als der Verlauf der Fortsätze der verschiedenen Zelltypen leichter und besser verfolgt werden kann.

Außer den erwähnten Verfahren habe ich für die Untersuchung der Ganglien noch das in letzter Zeit von Tomaselli (35) modifizierte Verfahren von Donaggio (15) angewandt.

Vor der Besprechung der einzelnen Typen der Spinalganglienzellen werde ich zunächst die Frage über den Bau der Zellen selbst, hauptsächlich jedoch die Frage über die „Zellkapsel“ und die „endokapsulären Zellen“ kurz berühren.

3. Der Bau der Spinalganglienzellen.

Dank den bereits im Jahre 1882 ausgeführten Untersuchungen von Flemming, insbesondere jedoch nach den ausgezeichneten Untersuchungen von S. R. y Cajal unterliegt es zur Zeit keinem Zweifel, daß das Protoplasma der Spinalganglienzellen aus Neurofibrillen und perifibrillärer Substanz aufgebaut ist. Auf Grund meiner eigenen, nach dem Verfahren von S. R. y Cajal (4, 5), mit Methylenblau und dem von Tomaselli (35) modifizierten Verfahren von Donaggio (15) behandelten Präparate kann ich die Befunde des spanischen Forschers vollauf bestätigen.

An den nach einem der angegebenen Verfahren behandelten Präparaten treten in den Spinalganglienzellen äußerst deutlich Neurofibrillen hervor, die sich in den verschiedenen Zellabschnitten verschieden anordnen. An dem Zellkern bilden sie ein sehr dichtes Netz, dessen Schlingen nur bei Betrachtung des Präparates mit dem Immersionsapochromat 2,0 mm. von Zeiß und Kompensationsokular 8 oder 12 und bei elektrischer Beleuchtung deutlich hervortreten (Fig. 1, 2). Im übrigen Teil der Zelle, mit Ausnahme der peripherſten Schicht derselben, bilden die Neurofibrillen ein mehr weitmaschiges Netz, dessen Maschen rundlich oder unregelmäßig vieleckig erscheinen (Fig. 1, 2). Zur Peripherie der Zelle werden die Maschen breiter, wobei die Neurofibrillen sich gleichzeitig in feine Bündel sammeln, aus denen an der äußersten Peripherie der Zelle, wie es mit Recht Tomaselli (35) bemerkt, breitere, bandförmige Bündel entstehen. Letztere verlaufen mehr oder weniger parallel der Zelloberfläche in ver-

schiedenen Richtungen und konvergieren zu der Abgangsstelle des Nervenfortsatzes; hier verflechten sich die Neurofibrillen miteinander, wobei ein Teil derselben in den Bestand des Nervenfortsatzes übergeht. Auf Schnitten von Präparaten, welche nach dem Verfahren von S. R. y Cajal behandelt worden sind, ist es nicht schwer, querdurchschnittene Neurofibrillen zu erkennen, welche in Gestalt schwarzer oder dunkelbrauner Punkte (Fig. 2) erscheinen.

Die von S. R. y Cajal zum Studium des Baues der Nervenzellen überhaupt, sowie speziell der von einer besonderen Kapsel umgebenen Zellen, wie z. B. der Spinalganglienzellen, vorgeschlagenen Verfahren ergeben nach meinen Beobachtungen weit bessere Resultate, als das Verfahren der Methylenblaufärbung. Die Erklärung dafür liegt, wie es scheint, darin, daß ich verhältnismäßig dicke Schnitte von Ganglien eben getöteter Tiere und Ganglien in toto färbe, wobei die Kapsel ganz intakt bleibt oder (auf feineren Schnitten) nur an einigen Zellen, bei weitem jedoch nicht an allen angeschnitten ist. Die Anwesenheit der Zellkapsel behindert jedoch, soviel ich habe wahrnehmen können, die Färbung der Neurofibrillen, sodaß letztere nur an Zellen klar hervortreten, deren Kapsel angeschnitten ist. So schwer es ist, die Neurofibrillen der Zellen mit Methylenblau zu färben, so leicht färben sie sich in dem Hauptfortsatz und dessen Verästelungen der verschiedenen, weiter unten zu schildernden Zelltypen, sowie in den dendritenähnlichen Fortsätzen der multipolaren Zellen des XI Typus (vgl. unten). Hier treten sie auffallend klar und deutlich hervor, wobei unschwer zu erkennen ist, daß in dem Hauptfortsatz und dessen Verzweigungen, sowie in den dendritenähnlichen Fortsätzen der Zellen des XI Typus die Neurofibrillen einander mehr oder weniger parallel verlaufen, indem sie sich leicht wellenförmig winden, während viele derselben häufig sogar sich unter verschiedenen Winkeln kreuzen. Auf die Frage, ob die Neurofibrillen miteinander vermittelst feinster Seitenfibrillen verbunden sind, wie es einige Forscher, so Schieffer-decker (33) beschreiben, oder nicht, kann ich zur Zeit keine

positive Antwort geben: an meinen Präparaten habe ich Verbindungen zwischen Neurofibrillen nicht beweisen können.

Außer den Neurofibrillen färbt das Methylenblau nicht selten in ausgezeichneter Weise die Tigroidkörper, die häufig in so großer Zahl zwischen den Neurofibrillen der Zellen anzutreffen sind, daß fast der ganze Zellleib von ihnen angefüllt zu sein scheint.

In den Spinalganglienzellen sämtlicher von mir untersuchter Tiere und des Menschen sind beständig Körnchen gelben, orangefarbenen, braunroten und nicht selten fast schwarzen Pigments vorhanden, worauf ich bereits in einer meiner früheren Abhandlungen (9, 10) hingewiesen habe. Das Pigment fehlt nur in wenigen, wie es scheint vorwiegend in den kleineren Zellen. Es häuft sich in den Zellen nicht selten so massenhaft, daß die Spinalganglien einen gelblichen, orangefarbenen oder rotbraunen Ton annehmen. Das Pigment ist nicht gleichmäßig über den ganzen Zellkörper verbreitet, sondern häuft sich stets an einer bestimmten Stelle, worauf ich bereits in meiner ersten Arbeit über die Spinalganglien aufmerksam gemacht habe. Gewöhnlich häufen sich die Pigmentkörner bald in größerer, bald in geringerer Menge an den Zellpolen (Fig. 4, 5, 6 und andere), von denen die Hauptfortsätze und in den Zellen des XI Typus die dendritenähnlichen Fortsätze abgehen; sie fehlen nur an den Ursprungsstellen der Dendriten, wie sie die multipolaren Zellen des X Typus (vgl. unten) aufweisen. Die Ansammlung von Pigment an gewissen Stellen der Zelle gibt somit in vielen Fällen die Möglichkeit an die Hand, recht genau die Ursprungsstelle des Hauptfortsatzes oder je nach dem Typus der Zelle auch die Ursprungsstelle der dendritenähnlichen Fortsätze zu bestimmen, selbst in dem Fall, wenn dieselben sich nicht mit Methylenblau gefärbt haben.

Die Pigmentkörner lagern sich bisweilen an der Zellperipherie und bilden hier eine mehr oder weniger lange und breite Zone, oder aber sie häufen sich um den Kern herum. In seltenen Fällen findet man sie nicht nur an der Ursprungsstelle des Hauptfortsatzes, sondern auch am Anfangsteil des letzteren und dabei

häufig auf einer ziemlich großen Strecke seines Verlaufs (Fig. 65).

Über die Pigmentkörner in den Nervenzellen überhaupt und speziell in den Spinalganglienzellen ist bereits eine beträchtliche Literatur vorhanden (Pilcz, Rosin, Mühlmann, Obersteiner, A. Dustin u. a.). So bemerkte Pilcz (29), daß das Pigment in den Spinalganglienzellen des Menschen zuerst im 6. Lebensjahre auftritt. Die Eigenschaften der Pigmentkörner, sich mit Osmiumsäure zu färben und in Alkohol und Äther aufzulösen, veranlaßten Pilcz, diese Körnchen für Fetttropfen, jedenfalls für eine fettähnliche Substanz zu erklären. Rosin (32) nannte die Substanz, aus der die Körnchen bestehen, Lipochrom; Mühlmann (25) schlägt dagegen vor, sie als Fettpigment oder einfach als Fett zu bezeichnen, wobei er jedoch hinzufügt, daß sie ohne besonderen Fehler einfach als Nervenzellpigment bezeichnet werden können.

Hinsichtlich der Bedeutung des Pigments sind Mühlmann und andere der Meinung, daß sein Auftreten ein Zeichen der Degeneration der Nervenzellen sei. Nach dieser Annahme beginnt somit der Degenerationsprozeß der Nervenzellen in den ersten Lebensjahren; derselbe übt zunächst keinen schädlichen Einfluß auf die Funktion der Nervenelemente aus, und zwar infolge des kompensatorischen Vermögens des Zellprotoplasma. Dieses Vermögen nimmt jedoch mit den Jahren ab, worauf der degenerative Prozeß sozusagen einen pathologischen Charakter erhält, das Funktionsvermögen der Nervenzellen herabsetzt und schließlich den Tod des Organismus anbahnt.

Meine Beobachtungen sprechen auch dafür, daß wenigstens ein Teil der in der Spinalganglienzelle enthaltenen Körnchen aus einer fettähnlichen Substanz besteht. Auf Präparaten, die mit Osmiumsäure behandelt wurden, erschienen einige Körnchen in der Tat dunkelolivgrün oder schwarz gefärbt. Neben Fetttropfen sind jedoch gelbe, orangefarbene, braunrote, recht stark glänzende Körner vorhanden, welche durch Osmiumsäure nicht geschwärzt werden und Pigmentkörner darstellen, wobei sie in den Zellen

selbst nach langdauernder Einwirkung von Alkohol und Äther erhalten bleiben. Auf die Zugehörigkeit dieser Körnchen zum Pigment weist auch meine Beobachtung hin, daß ihre Menge von dem Grad der Pigmentation des betreffenden Tieres abhängt. Bei stark pigmentierten Tieren (schwarzen und gelben Hunden und Katzen u. a.) ist die Pigmentmenge in den Spinalganglienzellen beträchtlich größer als bei schwach pigmentierten. Vorläufig halte ich es für verfrüht, die Frage über die Bedeutung der Fetttropfen und der Pigmentkörner in den spinalen und sympathischen Ganglienzellen, sowie in den Zellen des Zentralnervensystems zu entscheiden, bin jedoch der Ansicht, daß sie wohl kaum die Bedeutung haben, welche ihnen zugeschrieben wird, d. h. daß ihre Anwesenheit in den Zellen auf einen degenerativen Prozeß hinweist, der sich über das ganze Leben des Menschen und der Tiere erstreckt.

Die Kapsel der Spinalganglienzellen wird gewöhnlich, wie bekannt, als eine feine, zarte Hülle angesehen, die nach der Ansicht Lenhosséks (18, 20) nicht unmittelbar in die Schwannsche Scheide, sondern in das Endoneurium des Hauptfortsatzes übergeht; die Kapsel ist außen mit flachen Epithelzellen bekleidet und stellt die Grenzschicht des bindegewebigen Gerüstes der Spinalganglien dar. Nach den Beobachtungen Lenhosséks ist die Kapsel in den Spinalganglien des Menschen, der Katze und des Hundes schwer zu erkennen, während sie in den Spinalganglien des Pferdes vollkommen fehlt; sie erscheint hier durch endokapsuläre Zellen, welche in großer Menge jede Spinalganglienzelle umgeben, gewissermaßen ersetzt.

Um die Lagerungsverhältnisse der schlingenförmigen Windungen des Hauptfortsatzes vieler Spinalganglienzellen klarzustellen, um zu ermitteln, ob die Verzweigungen dieses Fortsatzes, welche an gewissen Zelltypen der Ganglien beobachtet werden, außerhalb oder innerhalb der Kapsel gelegen sind, bemühte ich mich, das Verhalten der Kapsel zu den Spinalganglienzellen zu studieren. Zu dem Zweck untersuchte ich nicht nur mit Methylenblau gefärbte Spinalganglien, sondern auch Schnitte aus Ganglien, welche

vorwiegend in Chromessigsäuregemischen und in Lenhosséks Mischung fixiert, darauf mit Eisenhämatoxylin nach M. Heidenhain, oder mit Safranin und Lichtgrün gefärbt worden waren. Das Studium derartig vorbereiteter Präparate ergab nun, daß sämtliche der weiter unten angeführten Typen von Spinalganglienzellen zweierlei Hüllen haben: die eine derselben umgibt unmittelbar die Zelle, die andere enthält die schlingenförmigen Windungen oder die Verzweigungen des Hauptfortsatzes, oder aber die Dendriten mit ihren Verzweigungen und den schlingenförmig gewundenen Teil desselben. Die erste Hülle bezeichne ich als Kapsel, die zweite als Bindegewebshülle der Spinalganglienzellen.

Die Kapsel (Fig. 3, 4, 6, 14, 15 B) erscheint gewöhnlich als feine, homogene strukturlose Membran; eine deutliche Vorstellung von ihr geben namentlich Methylenblaupräparate und in einigen Fällen Präparate, welche nach den oben angegebenen Verfahren fixiert und mit Eisenhämatoxylin gefärbt sind. An Methylenblaupräparaten erscheint die Kapsel mehr oder weniger intensiv diffus blau gefärbt; an den dicken Schnitten ist sie gewöhnlich in toto sichtbar, wobei ihre Konturen eine Vorstellung von der Form der betreffenden Spinalganglienzelle geben. Die Kapsel ist so fein, daß häufig die Zelle hindurchschimmert, wobei gelegentlich eine geringe Drehung der Mikrometerschraube genügt, um die dünne Membran im optischen Schnitt zu erkennen. Da die Bindegewebshülle der Zellen sich gar nicht oder bedeutend schwächer als die Kapsel färbt, so tritt diese mit großer Schärfe hervor.

Auf der Außenfläche der Kapsel sind fast beständig Unebenheiten und kleine nischenförmige Vertiefungen zu erkennen, welche wahrscheinlich den Abdruck des kernhaltigen Anteiles der sternförmigen Zellen, die der Kapsel außen anliegen, darstellen, zum Teil wohl auch auf Unebenheiten der Zelloberfläche selbst beruhen mögen. Sowohl auf optischen als auch wirklichen Schnitten durch die Kapsel ist häufig zu erkennen, daß ihrer Innenfläche flache Zellen mit verzweigten Fortsätzen und einem recht großen ovalen Kern anliegen. Diese Zellen sind nur an

einigen Präparaten zu finden, da sich die Zellen nicht immer mit Methylenblau färben. Auf Schnitten durch Ganglien, welche in Chromessigsäure oder Lenhossék'scher Mischung fixiert und mit Eisenhämatoxylin gefärbt wurden, tritt die Kapsel bei weitem nicht so scharf hervor, wie an den soeben beschriebenen Präparaten; dort sind jedoch die sternförmigen Zellen, welche die innere Oberfläche der Kapsel auskleiden, viel deutlicher sichtbar. Soviel ich dies vorläufig beurteilen kann, hängt die unscharfe Konturierung der Kapsel davon ab, daß sie der Bindegewebshülle dicht anliegt und wenn die Elemente der letzteren (Bindegewebsfibrillenbündel, Bindegewebszellen u. a.) mit Hämatoxylin gefärbt sind, dann wird die Kapsel fast unkenntlich. In solchen Fällen kann sie nur an den Zellen erkannt werden, welche die innere Oberfläche dieser Hülle auskleiden. Diese Zellen bilden, wie auf Schnitten durch die Kapsel sichtbar wird, um die Spinalganglienzelle einen mehr oder weniger breiten Ring, in welchem stellenweise ziemlich große ovale Kerne eingestreut sind; letztere färben sich häufig viel dunkler als die Bindegewebszellenkerne. Fällt die Kapsel in toto in den Schnitt, so läßt es sich leicht feststellen, daß die sie auskleidenden Zellen die Gestalt mehr oder weniger dicker und breiter vieleckiger Platten mit großen ovalen Kernen haben; von den Ecken dieser Platten entspringen verzweigte Fortsätze, welche sich untereinander durchflechten und augenscheinlich mit den Fortsätzen benachbarter Zellen in Verbindung treten.

Selbst bei sorgfältiger Fixierung der Ganglien tritt eine gewisse Schrumpfung der Zellen ein; sie lösen sich von der Kapsel, die mit den sie bekleidenden Zellen an der Bindegewebshülle der Ganglienzelle haften bleibt. Zwischen der Kapsel und der Zelloberfläche entsteht in solchen Fällen ein schmaler Spalt, der bisweilen von verschieden dicken, an Interzellularbrücken erinnernde Fäden, welche die Zellen der Kapsel mit der Spinalganglienzelle verbinden, durchzogen wird (Fig. 1, 3). Bisweilen geschieht jedoch auch das Umgekehrte: die die Kapsel auskleidenden Zellen bleiben nicht mit ihr in Zusammenhang, sondern mit der Spinalganglienzelle; in diesen Fällen bilden die genannten

Zellen eine recht breite Zone um letztere, während zwischen ihnen und der Kapsel ein schmaler Spalt auftritt.

Die Frage, ob die beschriebenen sternförmigen Zellen der Kapsel als „Trophozyten“ (Holmgren) anzusehen sind oder ob diese unabhängig von jenen bestehen, lasse ich offen. Bisweilen erscheint die Kapsel selbst auf verhältnismäßig dicken, nach den oben angegebenen Verfahren behandelten Schnitten durch die Ganglien deutlich, und zwar in den Fällen, wenn sie ganz oder teilweise von der Spinalganglienzelle und von der Bindegewebshülle sich ablöst; hierbei ist die Kapsel im Durchschnitt und bei einer gewissen Tubuseinstellung auch von der Fläche sichtbar und erscheint als dünne, leicht mit Hämatoxylin gefärbte, strukturlose Membran, an deren Innenfläche die kernhaltigen Teile der sternförmigen Zellen als Höcker hervortreten (Fig. 3).

Aus der Kapsel treten je nach dem Typus der betreffenden Spinalganglienzellen ein oder mehrere Zellfortsätze hervor, welche außerhalb der Kapsel in der Bindegewebshülle sich schlängeln und verzweigen. Zwischen der von sternförmigen Zellen ausgekleideten Kapsel und der Spinalganglienzelle sind von einigen bisweilen anzutreffenden Leukozyten abgesehen, keine weiteren Elemente vorhanden.

Es fragt sich nun, ob die Kapsel auf die Zellfortsätze übergeht oder nicht? Lenhossék (20) entscheidet diese Frage im verneinenden Sinne, da nach seinen Beobachtungen „das Neurilemm an dem Fortsatz schon innerhalb der Kapsel auftritt“. Lenhossék versteht jedoch unter Zellkapsel nicht das von mir soeben beschriebene Gebilde, sondern eine besondere Hülle, innerhalb welcher nicht nur der schlingenförmig gewundene Teil des Zellfortsatzes, sondern auch die endokapsulären Zellen von S. R. y Cajal („Mantelzellen“ Lenhosséks) gelegen sind. In anbetracht des Mitgeteilten hat der von ihm angeführte Beweis zu gunsten der Ansicht, daß die Kapsel nicht unmittelbar auf den Fortsatz übergeht, für mich keine Gültigkeit.

Soviel ich nach meinen mit Methylenblau gefärbten Präpa-

raten urteilen kann, geht vielmehr bei sämtlichen Spinalganglienzellen, deren Hauptfortsätze sich in der Bindegewebshülle nicht verästeln, die Zellkapsel allmählich auf die genannten Fortsätze über und umhüllt dieselben unter dichter Anlagerung an sie in Gestalt einer äußerst feinen Membran. Nicht selten bemerkt man, daß sie zunächst trichterförmig die kegelförmige Anschwellung der Fortsätze umgibt und dann diese selbst überzieht (Fig. 4). Zu gunsten dieses Verhaltens der Kapsel spricht auch der Umstand, daß der Fortsatz öfters fast sofort nach seinem Austritt aus der Kapsel eine Markscheide erhält.

Der Fortsatz verläuft innerhalb der Bindegewebshülle eine größere oder geringe Strecke als markhaltige Faser, verliert jedoch nach einigen schlingenförmigen Windungen die Markscheide (Fig. 58), worauf er sie früher oder später abermals erhält, was sich bisweilen mehrfach wiederholt, bevor der Fortsatz die genannte Hülle verläßt. An den markhaltigen Abschnitten des Fortsatzes sind intensiv gefärbte Kerne, welche dem Mark dicht anliegen und zweifellos den Zellen des Neurilemms angehören, deutlich sichtbar. Dieser Umstand weist, meiner Meinung nach, ebenfalls darauf hin, daß die Zellfortsätze außerhalb der Kapsel von einer Fortsetzung der letzteren ausgekleidet sind, welche das Neurilemm darstellt. Man müßte sonst annehmen, daß das Neurilemm an jedem markhaltigen Abschnitt des Fortsatzes jedesmal neugebildet wird, was wohl kaum der Wirklichkeit entspricht. Schwer zu entscheiden ist die Frage, ob die Zellkapsel auf diejenigen Fortsätze übergeht, welche, wie bei einigen Typen von Spinalganglienzellen (vgl. unten), unter allmählicher Teilung in der Bindegewebshülle ein ganzes Netz bilden, aus dem sich späterhin von neuem der Hauptfortsatz zusammensetzt.

Bei den Zellen des XI Typus mit dendritenähnlichen Fortsätzen und Hauptfortsatz scheint mir der Übergang der Kapsel auf sämtliche Fortsätze sehr wahrscheinlich; das gleiche bezieht sich auch augenscheinlich auf die Zellen des X Typus mit Dendriten und Hauptfortsatz (vgl. unten).

Gewöhnlich verläßt jeder Hauptfortsatz der Spinalganglien-

zelle, unabhängig davon, ob er sich später in der Bindegewebshülle schlängelt oder teilt, die Kapsel an demselben Zellpol, aus welchem er in Gestalt einer kegelförmigen Anschwellung hervorgeht.

Die Bindegewebshülle (Fig. 3, 4 und 5) ist nach außen von der Zellkapsel gelegen und besonders deutlich an denjenigen Spinalganglienzellen, deren Hauptfortsatz, gleichgültig ob er in der Ein- oder Mehrzahl von der Zelle abgeht, in seinem Anfangsteil schlingenförmig gewunden ist oder zunächst in einzelne Ästchen zerfällt, aus welchen dann späterhin von neuem ein Hauptfortsatz gebildet wird. Außerdem umgibt sie auch sämtliche Zellen des X Typus. Sie ist verschieden dick, je nach der Zahl der schlingenförmigen Windungen des Hauptfortsatzes, je nach der Zahl seiner Verzweigungen, sowie (an einigen Zelltypen) je nach der Anzahl der Dendriten und ihrer Äste. Die Bindegewebshülle ist aus sehr dünnen Bindegewebsfibrillenbündeln aufgebaut, welche zirkulär nach verschiedenen Richtungen verlaufen, die Zelle umflechten und um dieselbe eine mehr oder weniger dicke Schicht bilden. Die Hülle erscheint meist ziemlich scharf von dem interzellulären Bindegewebe abgegrenzt und ist, soviel ich dies beurteilen kann, als ein differenzierter Teil des letzteren anzusehen. Besonders scharf und deutlich tritt sie an denjenigen Zellen hervor, welche einzeln oder in Gruppen außerhalb der Ganglien und zwar in den Bindegewebssepten zwischen den Nervenstämmchen der hinteren Wurzeln, in den Nervenstämmchen selbst und in der tiefsten Schicht der Bindegewebshülle, welche jedes Ganglion umgibt, liegen. In den Ganglien des Menschen, der Katze und des Hundes ist die Bindegewebshülle der Zellen schärfer und deutlicher ausgebildet, als z. B. in den Ganglien des Pferdes. An den getrennt von den Ganglien gelegenen Spinalganglienzellen erkennt man unschwer, daß die Hülle auf den Hauptfortsatz der Zelle übergeht und um denselben eine mehr oder weniger dicke bindegewebige Scheide bildet.

Innerhalb dieser Bindegewebshülle sind die mannig-

faltigen schlingenförmigen, spiraligen usw. Windungen des Hauptfortsatzes, bei einigen Zelltypen, die von diesem Fortsatz gebildeten Verästelungen, bei Zellen mit Dendriten — die mehr oder weniger gewundenen Dendriten und deren Verzweigungen zu finden. Die Bindegewebsbündel der Hülle stellen ein Gerüst dar, das den erwähnten Schlingen und Verästelungen sowohl des Hauptfortsatzes als auch der Dendriten der Spinalganglienzellen zur Stütze dient. Je nachdem, ob die Schlingen des Hauptfortsatzes oder seine Verzweigungen die Zelle mehr oder weniger gleichmäßig umgeben oder aber an einer Seite oder an einem Pol derselben gelagert sind, ist auch die Bindegewebshülle entweder überall annähernd gleichmäßig dick oder an einer Seite bezw. an einem Pol der Zelle mehr oder weniger verdickt. An den Zellen, deren Fortsätze sich nicht winden oder nicht verzweigen, ist auch die Bindegewebshülle dünn und schwächer ausgebildet.

Aus den Arbeiten von S. R. y Cajal, Lenhossék u. a. Forschern, sowie aus den diesen Arbeiten beigegebenen Figuren ergibt sich ohne weiteres, daß die Beschreibungen der sog. Zellkapsel nicht den Tatsachen entsprechen; eine gleich unzutreffende Beschreibung der Kapsel habe auch ich in meinen früheren Arbeiten gegeben.

Zellen der Bindegewebshülle (endokapsuläre Zellen oder Begleitzellen — células satélites — von S. R. y Cajal, Mantelzellen oder Amphizyten von Lenhossék). Zwischen den Bindegewebsfibrillenbündeln der beschriebenen Hülle sind überall flache Zellen mit verzweigten Fortsätzen anzutreffen; nach meinen Beobachtungen unterscheiden sie sich wesentlich nicht von den Zellen, welche beständig in jedem formlosen Stützgewebe vorhanden sind. Die Zelle selbst stellt ein eckiges, recht dickes Plättchen dar, von dessen Ecken bald breite und kurze, bald verhältnismäßig lange verzweigte Fortsätze abgehen (Fig. 5). Die Kerne dieser Zellen sind groß, rund oder oval; in ihnen sind deutlich Kernkörperchen und die in achromatischen Fäden eingelagerten Chromatinkörner zu erkennen. An Me-

thylenblaupräparaten erscheinen die Sternzellen häufig intensiv gefärbt, ihre Kerne dunkelblau, und man erkennt dann, wie es bereits S. R. y Cajal und Oloriz beschrieben haben, daß solche Zellen nicht nur zwischen den Bindegewebsfibrillenbündeln, sondern vereinzelt auch auf der Außenfläche der Zellkapsel liegen. Die Bindegewebshülle ist an Sternzellen äußerst reich; eine nicht weniger große Zahl derselben ist in dem interzellulären Bindegewebe, aus welchem sich diese Hülle differenziert, eingeschlossen.

Da die verschiedenen Windungen der Hauptfortsätze der Spinalganglienzellen oder die Verzweigungen dieser Fortsätze innerhalb der Bindegewebshülle zwischen den Bindegewebsfibrillenbündeln und den ihnen anliegenden Sternzellen gelegen sind, so scheint es mir vollkommen verständlich, daß die erwähnten Windungen und Verzweigungen von Zellen der Hülle begleitet sind, welch letztere in diesem Falle gleichsam unfreiwillige Begleiter der ersteren darstellen. Ungeachtet der großen Zahl dieser sternförmigen Zellen ist es mir jedoch nicht gelungen, zu bemerken, daß sie um die schlingenförmigen Windungen der Hauptfortsätze oder um deren Verzweigungen eine Art besondere Scheide bildeten, wie dies Lenhossék beschreibt. Außer den sternförmigen Bindegewebszellen werden in der Bindegewebshülle noch Leukozyten in wechselnder Zahl angetroffen.

Die Gestalt der sternförmigen Zellen, ihre Beziehung zu den Bindegewebsfibrillenbündeln, ihre vollkommene Ähnlichkeit mit den Zellen des Bindegewebsgerüstes der Ganglien — alles dies spricht meiner Meinung nach dafür, daß die sternförmigen Zellen der Bindegewebshülle als Bindegewebselemente anzusehen sind.

S. R. y Cajal nimmt an, daß den sogenannten endokapsulären Zellen eine wichtige Funktion zukommt, indem sie in engem Kontakt mit dem Protoplasma der sensiblen Nervenzellen stehen und aller Wahrscheinlichkeit nach das Wachstum und die Ernährung der Nervenfasern anregen. Lenhossék hält die endokapsulären Zellen für Elemente von gleicher ektodermaler Herkunft, wie die Spinalganglienzellen und meint, daß sie vollkommen den

Lemmozyten (Schwann'schen Zellen) der peripheren Nervenfasern entsprechen. Die Frage, ob sie eine ernährende oder eine schützende Rolle haben, oder ob sie irgend einen Einfluß auf die nervöse Funktion der Spinalganglienzellen ausüben, läßt Lenhossék mit Recht offen. Jedoch gibt Lenhossék im Sinne einer verbreiteten Richtung die Möglichkeit zu, daß den endokapsulären Zellen eine sekretorische Funktion zukommt, daß sie also in ihrer Gesamtheit als eine „glandula interstitialis" der Spinalganglien auftritt.

Ich halte es für verfrüht, irgend etwas bestimmtes über die Funktion der sternförmigen Zelle der Bindegewebshülle der Spinalganglienzellen zu sagen, denke jedoch, daß sie wohl kaum irgend eine wichtige Rolle im Leben und in der Tätigkeit der letzteren spielen. Meiner Meinung nach ist es viel einfacher anzunehmen, daß die sternförmigen Zellen den Bindegewebszellen angehören und die gleiche Funktion wie diese ausüben. In der Bindegewebshülle derjenigen Spinalganglienzellen, welche einen gewundenen oder verzweigten Hauptfortsatz besitzen, ist die Zahl der sternförmigen Zellen nicht deshalb größer, weil sie sich aktiv an der Bildung der Windungen und Verzweigungen dieser Fortsätze beteiligen, sondern weil die Hülle selbst an diesen Zellen stärker entwickelt ist.

4. Typen der Spinalganglienzellen.

Auf Grund meiner Untersuchungen bin ich zunächst zu dem Resultat gelangt, daß in den Spinalganglien sämtlicher untersuchten Tiere und des Menschen eine weit größere Zahl von Zelltypen vorhanden ist, als früher von mir und von S. R. y Cajal in seiner letzten Arbeit beschrieben worden ist.

Da es nur für einige, bei weitem nicht für alle Zelltypen möglich ist, eine genauere Bezeichnung zu geben, welche den Charakter eines jeden Typus vollkommen wiedergäbe, halte ich es für zweckentsprechender, jeden Zelltypus mit einer römischen Ziffer, etwaige Modifikationen desselben mit lateinischen Buchstaben zu bezeichnen.

Typus I. Die Zellen dieses Typus (Fig. 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11) sind bereits vor längerer Zeit von vielen Forschern (S. R. y Cajal, Kölliker, G. Retzius, Lenhossék, A. v. Gehuchten) beschrieben und besonders genau in letzter Zeit von mir, S. R. y Cajal und F. Oloriz und Retzius erforscht worden. Unter ihnen werden Zellen von verschiedener Größe, von den größten bis zu den kleinsten, angetroffen. Diese Zellen haben eine mehr oder weniger kugelförmige, ovale, birnförmige oder pilzförmige Gestalt und prävalieren ihrer Zahl nach, soviel ich sehe, nicht in auffallender Weise über viele andere Typen der Spinalganglienzellen. Die Zellen des Typus V (vgl. unten) werden mit ihren sämtlichen Varietäten fast ebenso zahlreich angetroffen wie die Zellen des Typus I.

Die Spinalganglienzellen des Typus I sind dadurch charakterisiert, daß von jeder Zelle nur ein Haupt- oder

Nervenfortsatz abgeht, welcher seinem Verlauf bis zur T- oder Y-förmigen Teilung sich nicht teilt und keine Kollateralen abgibt (Fig. 4—11). Der Hauptfortsatz beginnt mit einer kegelförmigen Anschwellung am Pole oder an irgend einer anderen Stelle der Zelle, tritt fast sofort aus der Kapsel heraus und erscheint je nach der Größe der Zelle bald als dicke Faser, bald als feiner Faden. Nach seinem Austritt aus der Kapsel wird er sofort oder in einiger Entfernung von der Zelle von einer Markscheide umgeben, oder er verbleibt (bei den kleinen Zellen mit feinem Fortsatze) bis zu seiner Teilung als marklose Faser. Im letzteren Fall bleiben sogar die Teiläste (der periphere und zentrale) des Hauptfortsatzes auf einer beträchtlichen Strecke marklos.

Den einfachsten Formen unipolarer Spinalganglienzellen des Typus I gehören Zellen an, deren Hauptfortsatz nach dem Austritt aus der Kapsel keine oder höchstens eine bis zwei unbedeutende Windungen beschreibt und darauf leicht geschlängelt bis zur Stelle der T- oder Y-förmigen Teilung verläuft (Fig. 4, 5, 6). Derartigen Formen gehören gewöhnlich die großen Zellen an, welche auf jedem Schnitt in einer beträchtlichen Anzahl angetroffen werden. Alle haben eine dünne Bindegewebshülle mit den ihr zukommenden sternförmigen Zellen, von denen einige der äußeren Kapseloberfläche anliegen und dieselbe umgeben, indem sie sich mit ihren Fortsätzen durchflechten.

Eine kompliziertere Form (Fig. 7, 8, 9, 10) stellen Spinalganglienzellen dar, deren Hauptfortsatz nach dem Austritt aus der Kapsel unabhängig von seinem Dickendurchmesser einige an demselben Zellpol gelegene spiralförmige Windungen beschreibt oder einige Schlingen von verschiedener Größe bildet. Diese Schliegen liegen entweder an dem Zellpol, oder sie umflechten die Zelle. Nicht selten windet sich der Hauptfortsatz zunächst spiralförmig, beschreibt alsdann eine oder mehrere Touren um die Zelle und verläßt darauf die Bindegewebskapsel.

Zu den kompliziertesten Formen endlich gehören diejenigen Zellen, deren Hauptfortsatz, nachdem er die Kapsel verlassen, sich

mannigfach windet, wordurch zahlreiche Schlingen von verschiedener Form und Größe entstehen; dieselben verflechten sich untereinander und häufen sich an einer Stelle der Bindegewebshülle, öfters an einem Zellpol an, oder es sondern sich einige (eine oder zwei) Schlingen ab, treten gleichsam aus dem Bestand dieses von den schlingenförmigen Windungen des Fortsatzes gebildeten Knäuels heraus und umgeben an einer Stelle die Zelle. Häufig sind einige Touren des Hauptfortsatzes in meridionaler Richtung, andere wieder einander parallel angeordnet; bisweilen verlaufen auch die Touren, in denen der Hauptfortsatz die Zelle umgibt, in verschiedenen Richtungen und überkreuzen sich gegenseitig. Im letzteren Fall entstehen äußerst verwickelte Bilder, die schwer zu entwirren sind.

Zwischen den Zellen des Typus I wird, freilich recht selten, eine Varietät angetroffen, auf die ich aufmerksam machen möchte. Diese Zellen gehören den komplizierten Formen an und sind dadurch ausgezeichnet, daß an der Basis einer der Schlingen, die der Hauptfortsatz beschreibt, eine Anastomose zwischen dem aufsteigenden und absteigenden Schlingenschenkel vorhanden ist (Fig. 10). Gewöhnlich wird diese Anastomose von einem mehr oder weniger dicken Ästchen gebildet, welches in Form einer Brücke von einem Schlingenschenkel zum anderen sich erstreckt. Ist der Fortsatz von einer Markscheide umgeben, so entspringt die Anastomose von ihm am Orte eines Ranvier'schen Schnürringes und geht, wie es die Fig. 10 zeigt, entsprechend einem ebensolchen Schnürringe, wieder in den Fortsatz über; an der Basis einer Schlinge verbindet somit dieses Anastomosenästchen zwei Schnürringe mit einander. Bisweilen ist ein derartiges Verbindungsästchen an der Basis der letzten Schlinge des Hauptfortsatzes vorhanden.

Schließlich ist dem Mitgeteilten noch hinzuzufügen, daß zum Typus I noch große und kleine Zellen angehören, deren Hauptfortsatz nach dem Austritt aus der Zellkapsel und bisweilen nach einer bogenförmigen Windung sich sofort gabelförmig in der Bindegewebshülle der Zelle in einen peripheren

und einen dünneren zentralen Ast teilt (Fig. 11). In einigen Fällen erfolgt die Teilung des Hauptfortsatzes außerhalb der Hülle, jedoch sehr nahe von ihr. Jeder Teilast des Fortsatzes einer großen Zelle erhält fast sofort eine Markscheide, welche bisweilen unterbrochen ist (Fig. 11) und früher oder später wieder auftritt. Bei den kleineren Zellen sind sowohl der Nervenfortsatz als dessen Teiläste marklos; letztere bleiben auch marklos auf der weiten Strecke bis zu ihrem Eintritt in die hinteren Wurzeln, so weit ich sie habe verfolgen können.

Sämtliche komplizierte Formen der unipolaren Zellen des Typus I besitzen, wie bereits oben erwähnt, außer der Kapsel noch eine je nach der Zahl der Windungen und Schlingen des Hauptfortsatzes mehr oder weniger dicke Bindegewebshülle.

Typus II. Die Zellen dieses Typus sind dadurch charakterisiert, daß von dem Hauptfortsatz derselben noch vor oder (bei Zellen der Varietät c) nach seinem Austritt aus der Bindegewebshülle Seitenästchen — Kollateralen — abgehen, welche in Anschwellungen und Plättchen von verschiedener Größe und Form endigen; letztere liegen in der Hülle selbst oder in gewissen Fällen außerhalb derselben in dem interzellulären Bindegewebe der Ganglien je nachdem, von welchem Teil die Kollateralen abgehen. In ihrem übrigen Verhalten unterscheiden sich diese Zellen, soviel ich sehe, fast gar nicht oder in nur geringem Maße von den Zellen des Typus I (Fig. 12—20).

Ihrer Größe nach nehmen die Zellen des Typus II eine Mittelstellung ein zwischen den großen und kleinen Spinalganglienzellen, wobei ihr innerhalb der Bindegewebshülle gelegener Hauptfortsatz sich in verschiedener Weise schlängelt. Er bildet bald eine oder mehrere Schlingen, bald windet er sich spiralförmig, bald beschreibt er mehrere Touren um die Zelle. Während seines Verlaufs in der Hülle ist der Hauptfortsatz in der Mehrzahl der Fälle von keiner Markscheide umhüllt, nach seinem Austritt aus der Hülle erhält er häufig, wenngleich nicht immer eine Markscheide und teilt sich dann in einiger Entfernung von der Zelle

T- oder Y-förmig in zwei Äste. Die Dicke des Fortsatzes entspricht gewöhnlich der Größe der Zelle; der periphere Ast erscheint dicker als der zentrale; in manchen Fällen ist der Dickenunterschied so unbedeutend, daß die Äste schwer von einander zu unterscheiden sind.

Zwischen den Zellen dieses Typus werden (freilich selten) solche angetroffen, von deren Hauptfortsatz ein dünnes langes Anastomosenästchen abgeht; dasselbe windet sich in variabler Weise und verläuft von einem Schenkel einer der Schlingen des Hauptfortsatzes zum anderen, wobei es an der Basis dieser Schlinge beide Schenkel miteinander verbindet. Nicht selten erstreckt sich ein derartiges Ästchen von dem Scheitel der letzten Schlinge des Hauptfortsatzes zu diesem sofort nach seinem Austritt aus der Bindegewebshülle. Ist der Hauptfortsatz an dieser Stelle mit einer Markscheide versehen, so verbindet sich das Anastomosenästchen mit ihm an einem Ranvier'schen Schnürringe. Derartige Anastomosen sind auch, wie weiter oben angegeben, an den Zellen des Typus I vorhanden.

Je nach dem Verhalten der von dem Hauptfortsatz der genannten Zellen abgehenden Ästchen können drei Varietäten derselben unterschieden werden.

a) Zu Varietät a gehören Zellen (Fig. 12, 13, 14 und 15 A und B), von deren Hauptfortsatz in wechselnder, gewöhnlich naher Entfernung von seiner Ursprungsstelle aus der Zelle ein meist kurzer Seitenast abgeht. In der Regel entspringt er unter einem annähernd rechten oder auch spitzen Winkel von dem Scheitel einer der Schlingen des Hauptfortsatzes und hat einen gewundenen Verlauf. Alsbald endigt dieses Ästchen in einer keulenförmigen, ovalen oder birnenförmigen, manchmal leicht komprimierten Anschwellung von bisweilen beträchtlicher Größe. In letzterem Fall liegt sie, nur durch die Zellkapsel von ihr getrennt, unmittelbar der Zelle an und übt auf dieselbe einen Druck aus, infolge dessen die betreffende Zelle eine Delle aufweist, in welcher, wie in einer Nische, die betreffende Endanschwellung liegt.

In einigen Fällen endigt das Seitenästchen nicht in einer

Anschwellung, sondern in einem eckigen, blattförmigen, nicht selten mehr oder weniger gekrümmten Plättchen, von dessen Ecken bisweilen kurze feine, ebenfalls in kleinen Plättchen endigende Ästchen abgehen. Schließlich werden auch derartige Seitenästchen des Hauptfortsatzes angetroffen, die sich an ihrem Ende zunächst in zwei kurze feine Ästchen spalten, worauf jedes derselben in einer Anschwellung oder einem Plättchen endigt.

b) An den Zellen der Varietät b (Fig. 16, 17) entspringen von dem Hauptfortsatz an verschiedenen Stellen desselben feine und häufig sehr lange Ästchen, welche in der Mehrzahl der Fälle sich mannigfach in der Bindegewebshülle der Zelle winden, sich bisweilen mit den Schlingen des Hauptfortsatzes überkreuzen, schließlich an Dicke zunehmen und in verschieden gestalteten Plättchen und Anschwellungen endigen.

Die Plättchen sind gewöhnlich vieleckig, dreieckig oder unregelmäßig; ihre Ränder erscheinen in verschiedenem Maße gezackt, gebogen und gekrümmt. Dieselben berühren, wie ich habe wahrnehmen können, nicht die Zellkapsel, sondern sind in einer größeren oder geringeren Entfernung von derselben gelegen. Gewöhnlich entspringen von dem Hauptfortsatz einer Zelle 3—4—5, in den erwähnten Plättchen endigende Ästchen, wobei in einigen Fällen eines derselben in seinem Anfangsteil sich gabelförmig in zwei Ästchen teilt, welche beide in den erwähnten Plättchen oder Anschwellungen endigen.

Nicht selten werden schließlich auch Zellen angetroffen, deren Hauptfortsatz sich in der Nähe der Zelle in zwei dicke Äste verzweigt. Einer derselben stellt die Fortsetzung des Hauptfortsatzes dar, verläßt nach einigen schlingenförmigen Krümmungen oder nach einigen Windungen um die Zelle die Bindegewebshülle und teilt sich darauf T- oder Y-förmig in einen peripheren und einen zentralen Ast. Der andere gleich dicke, bisweilen sogar dickere Ast des Hauptfortsatzes verläuft eine bedeutende Strecke in der Hülle selber, beschreibt hierbei zwei oder drei Schlingen und endigt in einer großen keulenförmigen, kegelförmigen oder unregelmäßig gestalteten Anschwellung

(Fig. 17). In der Regel ist dieser Ast zunächst von beträchtlicher Dicke, darauf verfeinert er sich und wird schließlich ebenso dick wie in seinem Anfangsteil; an seiner Übergangsstelle in die Endanschwellung verengt er sich recht rasch, indem er gleichsam einen Hals der Anschwellung darstellt. An verschiedenen Stellen dieses Astes entspringen nicht selten ein oder zwei lange und feine Seitenästchen, welche ebenfalls in Anschwellungen oder Plättchen endigen.

c) Die Zellen der Varietät c (Fig. 18, 19, 20) werden verhältnismäßig selten angetroffen und unterscheiden sich von den beschriebenen Varietäten dadurch, daß der Hauptfortsatz in der Bindegewebshülle eine oder zwei schlingenförmige Krümmungen beschreibt und bis zu seinem Austritt aus der Hülle keine Seitenästchen abgibt. Nach seinem Austritt aus der Hülle gibt er, soviel ich an meinen Präparaten habe wahrnehmen können, nur ein Seitenästchen ab, welches bisweilen in einer beträchtlichen Entfernung von der Zelle vom Fortsatz entspringt. Im einfachsten Falle verläuft das nicht lange Seitenästchen in leichten Windungen in dem interzellulären Bindegewebe und endigt in einer keulenförmigen Anschwellung. Häufiger jedoch entspringt es von dem Hauptfortsatz in Gestalt eines feinen Fädchens, verläuft zunächst ihm parallel in der Richtung zur Zelle oder in der entgegengesetzten Richtung; nach einem bisweilen beträchtlichen Verlauf beschreibt dieses Fädchen einige Kreiswindungen um den Hauptfortsatz, kehrt wieder zurück und windet sich darauf, indem es allmählich an Dicke zunimmt, spiralförmig um den Fortsatz. Schließlich verläßt es den letzteren, erstreckt sich ihm parallel und endigt in seiner Nähe in einer großen, keulenförmigen oder unregelmäßigen Anschwellung. Bisweilen spaltet sich das Ästchen während seines Verlaufes um den Fortsatz in zwei Ästchen, welche sich jedoch bald wieder vereinigen.

Außer den beschriebenen Zellen werden auch solche angetroffen, deren Hauptfortsatz häufig in einer großen Entfernung von der Zelle unter spitzem Winkel ein kurzes und dickes Seiten-

ästchen abgibt. Letzteres verläuft zunächst in gleicher Richtung mit dem Zellfortsatz, spaltet sich jedoch alsbald in 2—3 Ästchen, die in der Richtung zur Zelle verlaufen und gleichzeitig den Hauptfortsatz in einer dichten Spirale umkreisen. Während ihres Verlaufes teilen sie sich in neue Ästchen, welche ihrerseits sich ebenfalls um den Hauptfortsatz winden. Schließlich verschmelzen jedoch alle diese Ästchen in einen dicken Ast, der sich in dem oberen Teil der Spirale von dieser trennt und mehr oder weniger parallel dem Hauptfortsatz hinzieht; nach einem zuweilen beträchtlich langem Verlauf endigt dieses Ästchen irgendwo in der Nähe der Zellhülle in einer keulenförmigen oder kegelförmigen Anschwellung.

Es erübrigt noch am Schlusse der Beschreibung der Zellen des Typus II die Frage über den Bau der Anschwellungen und Plättchen, in denen die Seitenästchen endigen, zu berühren. In der Mehrzahl der Fälle sind diese Endgebilde mehr oder weniger intensiv diffus mit Methylenblau gefärbt, wobei gleichzeitig stark gefärbte, äußerst feine Körnchen sichtbar sind. Bisweilen gelingt es jedoch, wahrzunehmen, daß die Neurofibrillen aus dem betreffenden Ästchen in den gewöhnlich verengten und schwach gefärbten Anfangsteil der Anschwellung oder des Plättchens eintreten, wobei sie in leichten Windungen einander mehr oder weniger parallel verlaufen, darauf jedoch bald undeutlich werden und allmählich vollkommen in dem intensiv gefärbten Teil dieser Gebilde verschwinden.

Zuweilen färben sich jedoch die Neurofibrillen in den Anschwellungen und Plättchen intensiv blau und treten äußerst deutlich in der bedeutend schwächer gefärbten perifibrillären Substanz hervor. In derartigen Fällen ist es nicht schwer festzustellen, daß sie nach ihrem Austritt aus dem betreffenden Seitenästchen in der Anschwellung oder dem Plättchen zunächst wellenförmig gewunden, bald einander parallel verlaufen, bald sich überkreuzen und gleichzeitig sich gabelförmig in feinere Fibrillen spalten; an dem Rande des Plättchens oder an der Peripherie

der Anschwellung verbinden sich schließlich die Neurofibrillen unter einander und bilden nicht selten ein äußerst dichtes Netz (Fig. 69). Die genannten Endanschwellungen und -plättchen sind somit ebenso gebaut, wie die verschiedenartigen Plättchen und Anschwellungen in den sensiblen eingekapselten und uneingekapselten Nervenapparaten (cf. Literaturverzeichnis 12, 13, 14).

In Berücksichtigung der geringen Dicke vieler Seitenästchen besonders in deren Anfangsteil, somit der geringen Zahl der in ihnen eingelagerten Neurofibrillen muß bei einem Vergleich der Ästchen mit den Plättchen und Anschwellungen in denselben die ungeheure Zunahme der Zahl der Neurofibrillen in letzteren und damit auch der perifibrillären Substanz auffallen.

Jedes der beschriebenen Endgebilde ist, unabhängig davon, ob es in der Bindegewebshülle der Ganglienzellen oder außerhalb derselben gelegen ist, von einer besonderen Kapsel umgeben; dieselbe ist aus ungemein dünnen, konzentrisch angeordneten Lamellen aufgebaut, welchen nicht selten kleine ovale Kerne anliegen. Das Vorhandensein dieser Kapsel bildet offenbar ein Hindernis für die Färbung der Neurofibrillen in den Anschwellungen und Plättchen mit Methylenblau; dieselben färben sich wie erwähnt, nur in Ausnahmefällen.

Die Zellen des Typus II kommen am nächsten, ohne ihr übrigens vollkommen zu gleichen, der Varietät a des Zelltypus, welchen S. R. y Cajal in der oben zitierten Arbeit (6) unter der Bezeichnung, „celulas provistas de apéndices terminados por bolas capsuladas“ beschreibt. Von diesen unterscheiden sie sich unter anderem darin, daß sämtliche Ästchen derselben in verschiedenartigen Anschwellungen und Plättchen endigen und niemals von der Spinalganglienzelle selbst entspringen, wie es S. R. y Cajal, Levi, Lenhossék und Nageotte für einige der genannten Ästchen annehmen, sondern stets von dem Hauptfortsatz. Davon habe ich mich an hunderten ausgezeichnet gefärbter Präparate bestimmt überzeugen können. Es können freilich einige Ästchen ungefärbt bleiben oder in ihrem Anfangsteil abgeschnitten sein,

was den Eindruck erweckt, als entspringen sie von der Zelle selber.

Typus III. Die Zellen des Typus III sind dadurch charakterisiert, daß von dem Anfangsteil des Hauptfortsatzes, wenn derselbe noch in der Bindegewebshülle eingeschlossen ist, eine große Anzahl sehr kurzer, sich mehrfach verästelnder Seitenästchen abgeht, welche in der Hülle selbst mit kleinen blattförmigen Verbreiterungen und knopfförmigen Anschwellungen endigen (Fig. 21, 22).

Zu diesem Typus gehören, soviel ich habe wahrnehmen können, vorwiegend große Spinalganglienzellen, von denen ein, bisweilen auch zwei dicke Fortsätze abgehen. In letzterem Falle beginnt jeder Fortsatz mit einer dicken kegelförmigen Anschwellung an einer bei jeder Zelle verschiedenen Stelle derselben, in wechselnder Entfernung von einander, wobei sie entweder annähernd gleich dick sind, oder aber der eine von ihnen dicker ist als der andere. Beide Fortsätze winden sich in verschiedenem Maße in der Bindegewebshülle und verschmelzen schließlich an verschiedenen Stellen derselben, am häufigsten jedoch an deren Peripherie, zu einem dicken Hauptfortsatz. Dieser erhält fast sofort eine dicke Markscheide und verläßt die Bindegewebshülle. Entspringt von der Zelle nur ein Fortsatz, so beschreibt er gewöhnlich eine bogenförmige Krümmung oder mehrere Spiralwindungen in der Hülle und erhält ein Markscheide erst, nachdem er eine gewisse Anzahl von Seitenästen abgegeben hat.

In dem einfachsten Falle entspringen von dem oder von den beiden Hauptfortsätzen einer jeden Zelle dieses Typus unter verschiedenen Winkeln in einiger Entfernung von einander 3—4—5 kurze, mehr oder weniger feine Seitenästchen, welche entweder fast geradlinig verlaufen oder sich krümmen, nicht selten sich in 2—3 gleiche Ästchen teilen und darauf in kleinen, blattförmigen Plättchen oder rundlichen Anschwellungen endigen (Fig. 21).

Außer diesen Zellen werden nicht selten Zellen mit einem oder zwei Haupt- oder Nervenfortsätzen angetroffen, die mit zahlreichen Seitenästchen versehen sind (Fig. 22). Letztere entspringen

an verschiedenen Stellen des Fortsatzes oder der Hauptfortsätze, fast von dem Gipfel der kegelförmigen Anschwellung an bis zu der Stelle, an welcher sich der Fortsatz mit einer Markhülle umgibt oder beide Fortsätze in einen verschmelzen. Diese Ästchen sind dünn, krümmen sich mannigfach, winden sich bisweilen sogar ringförmig um den Hauptfortsatz, teilen sich mehrfach und endigen sämtlich in verschieden großen Verbreiterungen und Anschwellungen. Die Verbreiterungen erscheinen in Gestalt vieleckiger oder unregelmäßig gestalteter Plättchen, von deren Ecken oder Rändern sehr feine Fädchen abgehen, welche benachbarte Plättchen und Anschwellungen unter einander verbinden; letztere haben das Aussehen von eckigen oder abgerundeten Knöpfchen.

Über diesen eigenartigen Zelltypus finde ich keine Angaben, weder in der letzten Arbeit von S. R. y Cajal, noch in einer der nachher erschienenen Abhandlungen anderer Forscher.

Typus IV. Die Besonderheiten der Zellen des Typus IV bestehen darin, daß ihr Hauptfortsatz nach dem Austritt aus der Bindegewebshülle nicht selten auf einer beträchtlichen Strecke eine größere oder geringere Zahl von Seitenästchen — Kollateralen — abgibt. Diese feinen Ästchen sind von verschiedener, bisweilen sehr großer Länge; sie teilen sich in ihrem Verlauf; einige derselben umgeben sich mit einer Markscheide, und endigen sämtlich je nach ihrer Länge in der Nähe der Zelle oder häufig in sehr weiter Entfernung von ihr in verschiedenen Apparaten (Fig. 23, 24, 25 und 66 A).

Die Zellen dieses Typus sind rundlich, leicht oval oder birnförmig, von mittlerer Größe. Ihre Zahl ist in den Ganglien offenbar eine beschränkte; sie sind, soviel ich habe wahrnehmen können, am häufigsten an den Polen der Ganglien gelegen in der Nähe des Austritts der hinteren Wurzeln; außerdem werden die Zellen auch vereinzelt zwischen und innerhalb der Nervenstämmchen der Wurzeln selbst angetroffen. Die geringe Zahl dieser Zellen ist wahrscheinlich der Hauptgrund dafür, daß sie bei weitem nicht auf allen Präparaten gefärbt erscheinen.

Der Hauptfortsatz beginnt gewöhnlich an einer beliebigen Stelle der Zelle mit einer kegelförmigen Anschwellung und ist je nach der Größe der Zelle selbst verschieden dick; er durchzieht die Bindegewebshülle ungekrümmt oder beschreibt in ihr bloß eine oder zwei kleine bogenförmige Krümmungen, worauf er zu einem der das Ganglion durchziehenden Nervenstämmchen verläuft, in welchem er bisweilen auf eine weite Strecke verfolgt werden kann. Der Fortsatz umgibt sich in weiter Entfernung von der Zelle nicht mit einer Markscheide und ist, soviel ich nach meinen Präparaten beurteilen kann, bis zu der Eintrittsstelle in einem der Nervenfaserbündel von einer Fortsetzung der Bindegewebshülle der Zelle umgeben (Fig. 25, b''). Diese Bindegewebsscheide tritt besonders deutlich an denjenigen Zellen hervor, welche außerhalb des Ganglions an der Basis der hinteren Wurzeln oder zwischen deren Nervenstämmchen gelegen sind.

Über das weitere Schicksal des Hauptfortsatzes, ob er sich gleich dem Fortsatz der meisten Spinalganglienzelltypen in einen peripheren und zentralen Ast teilt oder nicht, kann ich zur Zeit noch nichts bestimmtes aussagen. Von dem Hauptfortsatz der Zelle, nicht selten fast sofort nach seinem Austritt aus der Bindegewebshülle trennen sich allmählich 2, 3, 4 und mehr feine Seitenästchen ab, welche bald nahe bei einander, bald in verschiedener bisweilen beträchtlich weiter Entfernung von einander angeordnet sind. Jedes dieser Ästchen spaltet sich alsbald gabelförmig in 2—3 feine Ästchen von verschiedener Länge, welche in dem interzellulären Bindegewebe entweder in gleicher Richtung verlaufen oder im Gegenteil nach verschiedenen Seiten auseinanderziehen und nicht selten beträchtlich weit in dem Ganglion vordringen.

Während ihres Verlaufes zwischen den Zellen winden sich diese Ästchen je nach ihrer Länge in geringerem oder stärkerem Maße, beschreiben häufig schlingenförmige Krümmungen und zerfallen wiederum in mehrere feine Ästchen, von denen einige bisweilen in die Hülle des Ganglions eindringen.

Die Mehrzahl dieser Ästchen ist marklos; zwischen ihnen werden jedoch, wenngleich selten, auch solche angetroffen, die stellenweise auf einer größeren oder geringeren Entfernung mit einer ansehnlichen Markscheide bekleidet sind; derartigen Ästchen gehören, soviel ich habe wahrnehmen können, gewöhnlich die längsten an. Nach einem verschieden langen Verlauf endigen diese Seitenästchen darauf in mannigfaltigen Endapparaten.

In der Mehrzahl der Fälle zerfällt jeder Teilast einer Kollaterale des Hauptfortsatzes zunächst in einer gewissen Entfernung von der Zelle in einige feine und kurze Ästchen, welch letztere in verschiedenartig gestaltete Plättchen und Anschwellungen von verschiedener Größe zerfallen. Häufig endigt jedoch ein oder das andere Ästchen, ohne sich vorher zu teilen, in einem Endapparat.

Die Endplättchen sind gewöhnlich vieleckig und von unregelmäßiger Gestalt, bisweilen auch mehr oder weniger lang ausgezogen; ihre Ränder erscheinen häufig gezähnelt, infolge dessen diese das Aussehen von Blättern haben; einige derselben sind sehr klein, andere wiederum beträchtlich groß und dick und erscheinen in der Seitenansicht als gekrümmte Streifen von verschiedener Breite.

Bemerkenswert ist es, daß von den Ecken, wenn auch nicht aller, so doch vieler Endplättchen kurze und feine Ästchen und Fäden abgehen, welche in der Nähe des Plättchens sich verbreitern oder an Dicke zunehmen und neue sekundäre Plättchen oder kleine Anschwellungen bilden. Von diesen gehen nicht selten wiederum kurze Fäden ab, die ihrerseits in kleinen Plättchen dritter Ordnung endigen. In einigen Fällen zerfällt eines der Ästchen in 2—3 kürzere Ästchen, die sich alsbald wieder teilen, wobei diese letzteren Verzweigungen stellenweise verbreitert oder leicht verdickt sind und in feinen blattförmigen Plättchen endigen.

Auf diese Weise entstehen Endapparate, die fast vollkommen denen analog sind, welche in verschiedenen Organen (Haut,

Schleimhäute u. a.) unter der Bezeichnung baumförmiger Endverzweigungen beschrieben worden sind.

Sämtliche Endplättchen, mit Ausnahme allein der größten, sowie die baumförmigen Verzweigungen sind nach meinen Beobachtungen von keiner Kapsel umgeben und liegen unmittelbar den Fibrillenbündeln sowohl des interzellulären Bindegewebes, als auch der Hülle der Ganglien an. Einige dieser Endapparate sind außerdem im Bindegewebe zwischen den Nervenstämmchen der hinteren Wurzeln und in den Stämmchen selber gelegen. Die großen Endplättchen sind dagegen gewöhnlich in eine Bindegewebshülle eingeschlossen, in welcher eine Schichtung erkennbar ist. Die Mehrzahl der Endanschwellungen sind gleich den beschriebenen Plättchen klein, haben eine knopfförmige, keulenförmige oder birnförmige Gestalt und geben häufig kurze Ästchen ab, welche in kleinen Anschwellungen von verschiedener Form endigen; sie sind augenscheinlich von keiner besonderen Hülle umgeben.

Bisweilen verläuft jedoch ein Teilästchen eines der Seitenäste des Hauptfortsatzes geschlängelt eine verschieden lange Strecke, worauf es sich rasch in eine dicke Faser umwandelt, welche sich S-förmig krümmt und in einer großen oder unregelmäßig gestalteten Anschwellung endigt (Fig. 24). Letztere ist häufig leicht komprimiert; sie färbt sich sehr intensiv mit Methylenblau, in welchem Fall in ihr stark tingierte Körnchen erkennbar sind; bei einer weniger intensiven Färbung einer derartigen Endanschwellung tritt klar und deutlich ihr Bau aus feinsten Neurofibrillen und perifibrillärer Substanz hervor.

Von dem stark verdickten Abschnitt des in einer Anschwellung endigenden Ästchens entspringen gewöhnlich einige (2—3—4) kurze und recht dicke Ästchen, welche nach einem mehr oder weniger langen geschlängelten Lauf sich nicht selten teilen, worauf jeder Teilast seinerseits in einer kleinen ovalen oder unregelmäßigen Anschwellung oder Verbreiterung endigt. Der gesamte, soeben beschriebene Endapparat ist, wie aus der Fig. 24 ersichtlich, von einer Bindegewebshülle oder Kapsel um-

geben und erinnert gewissermaßen an ein modifiziertes Vater-Pacini'sches Körperchen. Es hat meiner Meinung nach den Anschein, als müßten in dem Hohlraum eines jeden derartigen Körperchens eine größere Anzahl von Nervenästchen vorhanden sein, als es auf den Präparaten sichtbar ist, daß es somit nur gelingt, mit Methylenblau einige derselben zu färben.

Von dem Hauptfortsatz derjenigen Spinalganglienzellen, welche, wie bereits oben erwähnt, außerhalb der Ganglien, in den Nervenstämmchen der hinteren Wurzeln oder in dem Bindegewebe dieser Nervenstämmchen gelegen sind, entspringen oft in verschiedener Entfernung von der Zelle einige (1—2—3) lange Seitenästchen (Fig. 25); letztere teilen sich in variköse Fädchen von verschiedener Dicke, wobei sowohl diese Seitenästchen, als auch ihre Verzweigungen mit dem Hauptfortsatz verlaufen und in seiner bindegewebigen Scheide eingeschlossen sind; letztere ist jedoch eine unmittelbare Fortsetzung der Bindegewebshülle der betreffenden Zelle. In ihrem Verlauf schlängeln sich die Seitenästchen und ihre Verzweigungen in verschiedenem Maße und winden sich nicht selten, indem sie dem Lauf des Hauptfortsatzes folgen, um letzteren; sie können dabei ebenso wie der Hauptfortsatz auf sehr weite Strecken verfolgt werden; einige dieser feinen Fädchen verlassen nach einiger Zeit die Bindegewebsscheide des Hauptfortsatzes und setzen ihren Weg selbständig im Ganglion fort, andere Fädchen begleiten in ihrem ganzen Verlauf den Hauptfortsatz, indem sie in seiner Scheide verlaufen. Von diesen letzteren trennen sich bisweilen kurze, feine Fädchen ab, welche in der Scheide mit blattförmigen Plättchen endigen (Fig. 25).

Über das endliche Schicksal der übrigen sowohl in der Scheide des Hauptfortsatzes verlaufenden, als auch aus demselben herausgetretenen Fädchen ist es schwer, etwas Bestimmtes auszusagen; da jedoch einige der Verzweigungen der Kollateralen in der Scheide selbst mit Plättchen endigen, so muß meiner Ansicht nach auch hinsichtlich der anderen eine gleiche Endigungsweise mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden. Es

ist sehr leicht möglich, daß diese Fäden in dem Ganglion selbst, in dessen Hülle oder zwischen den Nervenstämmchen der hinteren Wurzeln endigen.

Am Schlusse der Beschreibung der Zellen des Typus IV muß ich die Aufmerksamkeit darauf lenken, daß, wie aus dem Mitgeteilten hervorgeht, nicht nur die verschiedenen Kollateralen des Hauptfortsatzes einer Zelle dieses Typus, sondern auch die Teiläste einer Kollaterale häufig in verschiedenen Apparaten endigen. So endigt z. B. ein Ästchen in uneingekapselten baumförmigen Verzweigungen, ein anderes wiederum in einem eingekapselten Körperchen u. dgl. Diese Tatsache habe ich bereits früher wahrgenommen und in meinen letzten Abhandlungen (14) über die Endigung peripherer Nerven in den Augenmuskeln beschrieben.

Die Zellen des Typus IV habe ich bereits in meinen ersten zwei Arbeiten (9, 10) über die Spinalganglien beschrieben und abgebildet (vgl. Fig. 6 D) und sie den Varietäten der von mir als Zellen des Typus II bezeichneten Elemente zugerechnet. Damals war es mir nicht gelungen, das weitere Schicksal der Kollateralen des Hauptfortsatzes festzustellen. Beim Vergleich dieser Zellen mit den von S. R. y Cajal in seiner letzten Arbeit (6) beschriebenen Zelltypen ist es nicht schwer zu erkennen, daß sie nur bis zu einem gewissen Grade der Varietät b seines dritten Zelltypus entsprechen, d. h. denjenigen Zellen, welche mit kugelförmigen, eingekapselten Anschwellungen endigen („células provistas de apéndices terminados por bolas capsuladas“).

Typus V. Die Zellen des Typus V unterscheiden sich von sämtlichen übrigen dadurch, daß ihr Nerven- oder Hauptfortsatz nach seinem Austritt aus der Bindegewebshülle der Zelle sich in eine bestimmte Anzahl markloser oder markhaltiger, sich häufig abermals teilender und mit einander verbundener Äste spaltet. Letztere nähern sich einander nach einem kürzeren oder längeren Verlauf und verschmelzen in eine Faser; eine derartige

Spaltung des Nervenfortsatzes wiederholt sich in seinem Verlauf, bisweilen mehrfach, bis zum Orte seiner T- oder Y-förmigen Teilung. In komplizierten Fällen erfolgt eine gleiche Spaltung eines, bisweilen auch zweier Nervenfortsätze in markhaltige und marklose oder ausschließlich in markhaltige Äste während ihres Verlaufes in der Bindegewebshülle. Die auf diese Weise entstandenen Äste des Hauptfortsatzes schlängeln sich mannigfach, umwinden häufig die Zelle mehrfach und bilden schließlich, indem sie sich allmählich vereinigen, innerhalb oder außerhalb der Hülle stets nur einen Haupt- oder Nebenfortsatz (Fig. 26—45).

Diesem Zelltypus gehören Spinalganglienzellen von verschiedener Größe an. Von einem der Zellpole entspringt gewöhnlich ein je nach der Größe der Zelle mehr oder weniger dicker Hauptfortsatz, dessen Anfangsteil kegelförmig verdickt ist. Bisweilen werden jedoch auch Zellen mit zwei Nervenfortsätzen angetroffen, welche von der Zelle in verschiedener Entfernung von einander entspringen.

In Berücksichtigung der charakteristischen Besonderheiten des Hauptfortsatzes vor oder nach seinem Austritt aus der Bindegewebshülle, müssen diese Zellen in drei Varietäten geschieden werden; diese Varietäten haben manche gemeinsame Merkmale unterscheiden sich jedoch gleichzeitig recht scharf von einander.

a) Von den Zellen der Varietät a (Fig. 26—35) entspringt ein Hauptfortsatz, der gewöhnlich in einer geringen Entfernung von seinem kegelförmigen Anfangsteil mit einer Markscheide umgeben wird oder nicht selten auch eine solche nicht aufweist. In der Bindegewebshülle krümmt sich der Fortsatz gewöhnlich nur leicht oder er windet sich 2—6 mal spiralförmig, ohne jedoch einen Knäuel — glomerulus — zu bilden und die Zelle zu umwinden. Die Zellen dieser Varietät unterscheiden sich demnach auf den ersten Blick in nichts von vielen Spinalganglienzellen des Typus I. Nach seinem Austritt aus der Bindegewebshülle spaltet sich jedoch der Hauptfortsatz nach kürzerem oder

längerem Verlauf, in der Regel unter spitzem Winkel, in zwei gewöhnlich annähernd gleich dicke Äste (Fig. 26); bisweilen ist jedoch der eine Ast dünner als der andere; beide Äste divergieren zunächst und verlaufen alsdann in leichten Windungen eine bisweilen beträchtliche Strecke in einer geringen Entfernung von einander, darauf nähern sie sich wieder und vereinigen sich unter einem mehr oder weniger spitzen Winkel miteinander zu einer Faser — dem Hauptfortsatz —, welcher sich bis zu seiner Y- oder T-förmigen Teilung nicht weiter spaltet.

War der Hauptfortsatz bereits von einer Markscheide umgeben, so verliert er letztere an seiner Spaltungsstelle und erhält sie wieder, sobald sich seine Spaltungsäste vereinigt haben. In einigen Fällen umflechten sich die beiden Spaltungsäste des Hauptfortsatzes (Fig. 30 und Textfigur 1) und verschmelzen dann wieder zu einer Faser.

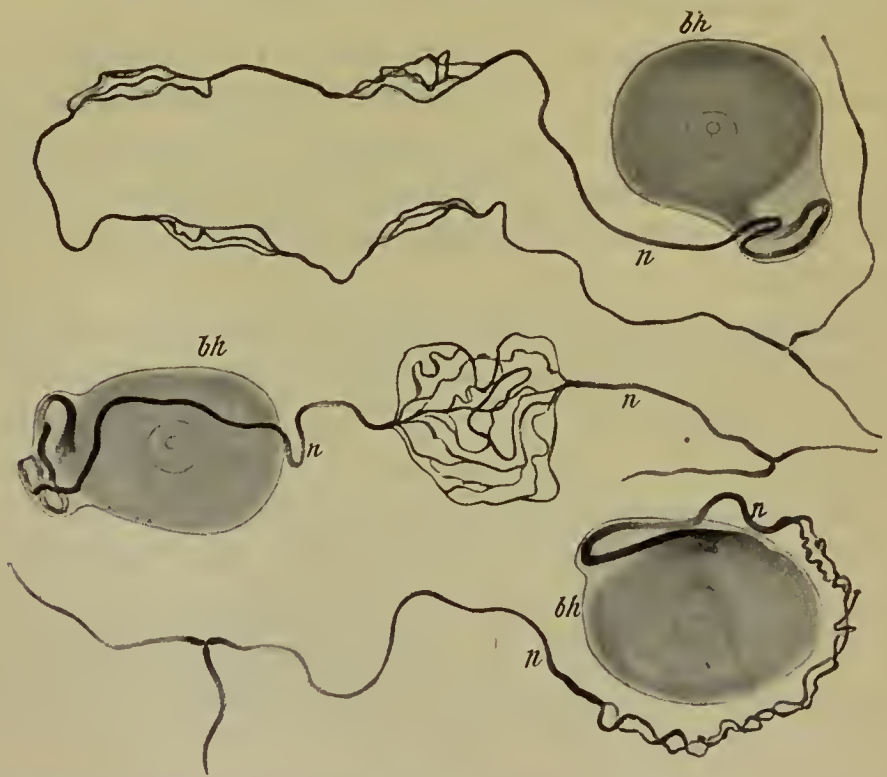
Bisweilen teilt sich der Hauptfortsatz in einem stumpfen Winkel verhältnismäßig nahe von der zugehörigen Zelle in zwei Äste, die zunächst, wie es Fig. 29 zeigt, nach verschiedenen Richtungen auseinandergehen; der eine längere Ast windet sich hierbei um die Bindegewebshülle der Zelle, nähert sich darauf dem anderen kürzeren Ast, verläuft beinahe parallel demselben, worauf beide Äste in einer bedeutenden Entfernung von der Zelle wieder zu einer Faser — dem Hauptfortsatze der Zelle — verschmelzen. In der Regel ist in diesen Fällen der eine Ast dicker als der andere.

Bei anderen Zellen dieser Varietät spaltet sich der Hauptfortsatz nach einem kürzeren oder längeren Verlauf in 2—3—4 Äste von verschiedener Dicke; einer derselben teilt sich gabelförmig, wobei entweder jeder dieser Teiläste selbständig weiterzieht oder der eine oder der andere derselben sich früher oder später mit einem benachbarten Ast vereinigt. Sämtliche Äste verschmelzen dann nach einigem Verlauf zum Hauptfortsatz (Fig. 27, 28).

Während ihres Verlaufs überkreuzen sich diese Ästchen bald miteinander, bald verlaufen sie einander parallel unter leichten Windungen, bald entfernt sich eines der Ästchen in der Nähe

der Spaltung des Fortsatzes von den anderen, beschreibt einige schlingenförmige Krümmungen, worauf es sich wieder den anderen zugesellt und ihnen parallel verläuft. In einigen Fällen verflechten sich sämtliche Äste von der Spaltungsstelle bis zu ihrer abermaligen Vereinigung miteinander und bilden eine Art Spirale.

Außer diesen Zellen werden, freilich selten, auch solche angetroffen, deren größtenteils dicker Fortsatz nach Verlauf einer kürzeren oder längeren Strecke eine bis zwei ringförmige Touren



Textfigur 1. Schematische Darstellung einiger Zellen des Typus V, Varietät a. *bh* — Bindegewebshülle; *n* — Nervenfortsatz.

beschreibt und sich alsdann in drei oder vier leicht geschlängelte Äste spaltet; einer oder zwei der letzteren teilen sich in mehrere sich mehrfach verzweigende Ästchen von verschiedener Dicke. Diese Ästchen schlängeln sich mannigfach, wobei einige von ihnen sich miteinander vereinigen: nach der Verschmelzung in 2—3 Äste nähern sie sich wiederum, wie in den oben angeführten Fällen, den übrigen zwei bis drei Ästen, schließlich vereinigen sich sämtliche 5—6 Äste gleichzeitig zum Hauptfortsatz (Fig. 31). (Vgl. Textfigur 1.)

Indem einige Spaltungsäste des Fortsatzes sich in mehrfach verzweigte, feinere, mit einander anastomosierende und verschiedenartig gewundene und miteinander verflochtene Ästchen teilen, entsteht eine Art Knäuel (Fig. 31); derselbe liegt natürlicherweise außerhalb der Bindegewebshülle der Zelle, im Verlauf des Hauptfortsatzes, zwischen der Hülle und dem Orte der T- oder Y-förmigen Teilung und nimmt gleichsam die Stelle des Fortsatzes selbst ein.

Außerdem sind jedoch in den Ganglien noch Zellen vorhanden. die dadurch charakterisiert sind, daß ihr Hauptfortsatz auf der Strecke zwischen Bindegewebshülle und seiner T- bezw. Y-förmigen Teilung sich mehrfach in der beschriebenen Weise spaltet. In der Mehrzahl der Fälle teilt sich der Fortsatz in einer geringen Entfernung von der Zelle zunächst gabelförmig in zwei Äste von beinahe gleicher oder auch von ungleicher Dicke; nachdem diese letzteren eine kürzere oder längere Strecke in Gestalt zweier gesonderter Äste durchzogen haben, vereinigen sie sich wieder zu einem Hauptfortsatz, welcher früher oder später abermals sich in zwei Äste spaltet; letztere verlaufen häufig nach verschiedenen Richtungen bisweilen eine beträchtliche Strecke, winden sich hierbei in verschiedenem Maße, worauf sie sich allmählich einander nähern und mit einander verschmelzen (Fig. 32, 33, 34).

Nicht selten sind schließlich auch Fälle, in denen der Hauptfortsatz sich zunächst in 2—3, darauf in 3—4 und abermals in 2—3 Äste spaltet, d. h. die Spaltung in eine verschiedene Anzahl von Ästen wiederholt sich, wie bereits oben angegeben, mehrere Male (Fig. 35 und Textfigur 1). Derartige Spaltungsäste des Hauptfortsatzes sind gewöhnlich nicht von einer Markscheide umgeben, selbst in dem Falle, wenn der Fortsatz selber markhaltig ist, manchmal jedoch erhalten sie eine Markscheide, und in diesem Fall erfolgt sowohl die Spaltung des Hauptfortsatzes als auch die Verschmelzung der Äste an der Stelle je eines Ranvier'schen Schnürringes.

b) Zur Varietät b (Fig. 36—44) gehören Zellen des Typus V

welche auf den ersten Blick nichts mit den Zellen der Varietät a gemein haben; bei einem sorgfältigeren Studium derselben kann jedoch festgestellt werden, daß beide Varietäten einige gemeinsame Eigenschaften haben und daher dem gleichen Zelltypus zugezählt werden müssen.

Bei oberflächlicher Untersuchung ist zu erkennen, daß von einem Zellpol mit einer kegelförmigen Verdickung ein in der Mehrzahl der Fälle dicker Hauptfortsatz entspringt, der sich augenscheinlich schlingenförmig in der Bindegewebshülle krümmt. Nachdem er in letzterer häufig eine große Zahl von schlingenförmigen Krümmungen oder Windungen um die Zelle beschrieben hat, tritt der Fortsatz aus der Hülle heraus und teilt sich früher oder später T- oder Y-förmig in zwei Äste. Gewöhnlich ist der Fortsatz innerhalb der Hülle entweder auf einzelnen Strecken oder in ganzer Ausdehnung von einer Markscheide umgeben.

Eine sorgfältige Untersuchung dieser Zelle ergibt jedoch, daß der Hauptfortsatz dieser Zellen in einiger Entfernung von der Zelle sich gleich dem Fortsatze der Zellenvarietät a in 2—3 Äste von verschiedener Dicke und Länge spaltet. Letztere sind entweder streckenweise von einer Markscheide umgeben oder entbehren derselben vollkommen, wobei der eine oder andere von ihnen sich wiederum gabelförmig in zwei Teiläste spalten kann. In den einfachsten Fällen winden sich sämtliche Teiläste des Hauptfortsatzes schlingenförmig, wobei einige Schlingen sogar die Zelle umgeben, nähern sich dann allmählich einander, ohne hierbei die Bindegewebshülle der Zelle zu verlassen und verschmelzen zu einer Faser — dem Hauptfortsatz der betreffenden Spinalganglienzelle. Darauf verläßt der Hauptfortsatz die Zellhülle und teilt sich nach Verlauf einer gewissen Strecke Y- oder T-förmig in einen peripherischen und einen zentralen Ast.

In dem angeführten Falle handelt es sich eigentlich um Zellen der Varietät a; der Unterschied besteht nur darin, daß der Hauptfortsatz hier sich in mehrere Äste nicht nach, sondern vor seinem Austritt aus der Bindegewebshülle

spaltet. Die Verschmelzung der Spaltungsäste erfolgt in der Mehrzahl der Fälle in der Hülle selbst, selten außerhalb derselben.

Als weiteres Beispiel dieser Varietät führe ich einen komplizierten Fall an, in welchem der Hauptfortsatz nach Verlauf einer gewissen, bisweilen recht langen Strecke in der Bindegewebshülle der Zelle sich in ihr entweder in 2—5 und mehr, oder zunächst in 2—3 Äste spaltet, welche ihrerseits früher oder später sich abermals in mehrere (2—3—4) Äste teilen. Einige der letzteren anastomosieren mit benachbarten Ästen, andere ziehen zunächst eine kürzere oder längere Strecke weiter und verschmelzen allmählich zu 2—3 Ästen, welche zu irgend einer Stelle der Hülle nahe ihrer Peripherie verlaufen, hierbei noch einmal sich in eine gewisse Anzahl von Ästen spalten und schließlich in der Zahl von 2—5 sich zu dem Hauptfortsatze vereinigen. Füge ich dem Gesagten noch hinzu, daß alle diese Äste sich in ihrem Verlauf schlängeln, daß die von ihnen gebildeten Schlingen sich miteinander verflechten und zudem einige derselben einen Teil der Spinalganglienzelle oder die ganze Zelle umwinden, so ist es nicht schwer, sich vorzustellen, wie kompliziert das Bild ist, welches infolge der eigenartigen Spaltung des Hauptfortsatzes, dem gegenseitigen Verhalten der auf diese Weise entstandenen Äste und dem abermaligen Verschmelzen derselben zu einem Hauptfortsatz entsteht. In vielen Fällen ist das Bild dermaßen kompliziert, daß es nur nach einem sehr genauen Studium entwirrt werden kann.

Zwischen der soeben beschriebenen komplizierten Form der Zellen der Varietät b und den Spinalganglienzellen der Varietät a ist dem Wesen nach, wie auch im ersten Falle, kein Unterschied vorhanden. Dafür spricht, daß unter den Zellen der Varietät a, wie bereits oben angegeben wurde, Zellen vorkommen, an denen die außerhalb der Bindegewebshülle entstandenen Spaltungsäste des Hauptfortsatzes nicht nur sich teilen und miteinander anastomosieren, sondern auch gleichzeitig sich mannigfach winden und untereinander verflechten, so daß eine Art Knäuel

gebildet wird. Es ist selbstverständlich, daß die als Beispiele angeführte einfache und komplizierte Form der Varietät b miteinander durch eine Reihe von Übergangsformen verknüpft sind.

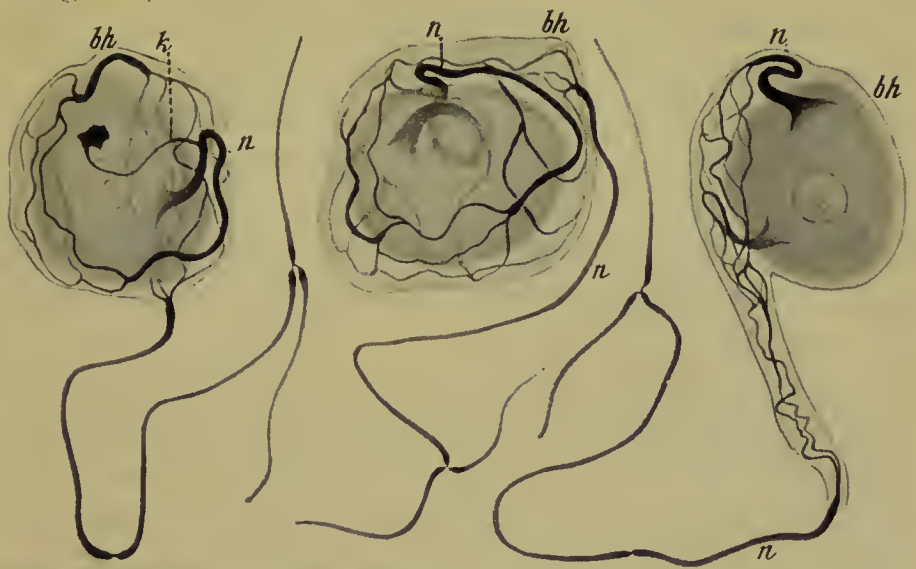
Nach dieser halbschematischen Beschreibung des allgemeinen Verhaltens der Spinalganglienzellen der Varietät b will ich jetzt noch ausführlicher die einzelnen Zellformen beschreiben.

Ihrer Gestalt nach unterscheiden sich diese Zellen nicht von denjenigen der bereits oben beschriebenen Typen; sie gehören den großen und mittleren Formen an. In den Ganglien des Menschen und der von mir untersuchten Tiere sind sie in großer Zahl vorhanden und werden auf jedem Schnitt angetroffen; sie nehmen in den Ganglien keine bestimmte Stelle ein, sondern sind zwischen Zellen anderer Typen zerstreut. Von jeder Zelle entspringt ein, in verhältnismäßig seltenen Fällen zwei Hauptfortsätze.

An den unipolaren Zellen entspringt der Hauptfortsatz von einem Zellpol mit einer kegelförmigen Anschwellung und stellt sich als eine je nach der Größe der Zelle mehr oder weniger dicke Faser dar, welche eine bisweilen beträchtliche Strecke in der Bindegewebshülle, ohne sich zu teilen, verläuft; hierbei krümmt er sich in verschiedenem Maße, beschreibt einige Schlingen und teilt sich in der Hülle in zwei, verhältnismäßig dicke Äste, gewöhnlich von annähernd gleichem, jedoch bisweilen von verschiedenem Kaliber. Diese Äste verlaufen bald nach der gleichen Richtung, bald nach verschiedenen Richtungen, wobei ihr weiteres Schicksal verschieden ist, je nachdem, ob die zugehörige Zelle der einfachen oder der komplizierten Form dieser Varietät angehört.

Im ersteren Falle winden sich sämtliche Äste, durchziehen häufig eine beträchtliche Strecke, umwinden hierbei bisweilen einmal die Zelle, worauf sich einer derselben gabelförmig in zwei Äste von verschiedener Dicke spaltet. Sämtliche auf diese Weise entstandenen 3—4 Äste nähern sich alsdann allmählich einander und verschmelzen darauf an irgend einer Stelle der Bindegewebshülle, gewöhnlich an deren Peripherie, zu einer dicken Faser (Fig. 36). Zuweilen treten auch die erwähnten

Äste zunächst aus der Bindegewebshülle heraus, in welchem Falle die Vereinigung derselben zu einer Faser bald in ihrer Nähe, bald in beträchtlicher Entfernung von ihr erfolgt. (Vgl. Textfigur 2.)



Textfigur 2. Schematische Darstellung einiger Zellen des Typus V, Varietät b. *bh* — Bindegewebshülle; *n* — Nervenfortsatz; *k* — Kollaterale.

Die auf diese Weise entstandene Faser stellt die Fortsetzung des Hauptfortsatzes dar und teilt sich schließlich Y- oder T-förmig in einen peripheren und einen zentralen Ast. Gewöhnlich hat weder der Hauptfortsatz bis zu seiner Spaltung, noch haben seine Äste eine Markscheide, oder aber die letztere bekleidet nur einzelne Abschnitte derselben. Ausgezeichnet sind an diesen Abschnitten die Zellen des Neurilemms sichtbar: an der Stelle, wo die Markscheide aufhört, tritt deutlich ihr Rand hervor, der das Aussehen eines mehr oder weniger breiten Ringes hat, durch welchen der Hauptfortsatz oder einer seiner Äste hindurchtritt.

Fernerhin werden Zellen angetroffen, deren Hauptfortsatz sich, nachdem er einen größeren oder kleineren Bogen beschrieben hat, gabelförmig in 2—3 Äste teilt (Fig. 37). Letztere winden sich, wobei sich mancher derselben auf eine geringe Strecke mit einer Markhülle umgibt, worauf sie nach einem kürzeren oder längeren Verlauf sich wieder zu einer Faser vereinigen,

welche eine bis zwei schlingenartige Krümmungen beschreibt und gleichzeitig nahe bei der Vereinigungsstelle der Äste eine Markscheide erhält. Darauf jedoch verliert die Faser wieder die Markscheide und spaltet sich in 2—3 marklose Äste, von denen einige sich abermals in je zwei gleiche Äste teilen. Die auf diese Weise entstandenen 2—4 Äste winden sich, wobei einige längs einer Seite der Zelle, andere längs der anderen verlaufen und nach allmählicher Annäherung mit einander zu einer Faser verschmelzen. Einige der Äste erhalten in diesem Verlauf eine Markscheide. Die entstandene Faser verläßt, mit einer Markscheide bekleidet, die Bindegewebshülle der Zelle, d. h. stellt wieder den Hauptfortsatz dar.

In einigen Fällen entsendet, wie es die Fig. 37 zeigt, einer der Äste, welche bei der zweiten Spaltung des Hauptfortsatzes entstehen, nahe der Stelle seiner Vereinigung mit den anderen Ästen, aus denen der Hauptfortsatz sich von neuem bildet, einen recht dicken und langen Ast; letzterer verläuft zunächst gesondert und vereinigt sich mit dem bereits neuentstandenen Fortsatz an der Stelle, wo derselbe die Bindegewebshülle verläßt und eine Markscheide erhält.

Den komplizierteren Formen dieser Varietät gehören recht mannigfaltig gestaltete Zellen an (Textfigur 2). In verhältnismäßig einfachen Fällen entspringt von der Zelle ein dicker Hauptfortsatz, welcher unter schlingenförmigen Windungen ohne Markscheide eine kürzere oder längere Strecke durchzieht, worauf er sich in der Mehrzahl der Fälle in zwei Äste spaltet; der dickere derselben stellt die direkte Fortsetzung des Hauptfortsatzes dar und wird von einer Markscheide umgeben (Fig. 38). Während seines bogenförmig gewundenen Verlaufes gibt dieser Ast an einem Ranvierschen Schnürringe einen marklosen Ast ab, worauf er ein- oder zweimal die Zelle ringförmig umkreist und dabei noch einen ebensolchen Ast abgibt.

Nach einem kürzeren oder längeren Verlauf verliert der betreffende Teilast des Hauptfortsatzes seine Markscheide und zerfällt an dem letzten Ranvier'schen Schnürringe in 2—3 mark-

lose Äste. Einer oder zwei dieser letzteren, sowie die beiden oben angegebenen Seitenäste winden sich schlingenförmig, durchziehen bisweilen eine bedeutende Strecke und verschmelzen schließlich, unter allmählicher Annäherung, zu einem mehr oder weniger dicken Ast. Sämtliche übrigen Spaltungsäste verbinden sich ebenfalls nach mannigfachen Windungen zu einem Ast. Auf diese Weise entstehen aus den 5—6 Spaltungsästen des Hauptfortsatzes zwei Äste von verschiedener Dicke (Fig. 38), die sich in ihrem weiteren Verlauf mannigfach winden. Schließlich vereinigen sich beide Äste in einem spitzen Winkel an der Peripherie der Bindegewebshülle, infolge dessen wieder ein Hauptfortsatz entsteht.

Einer der beschriebenen Äste teilt sich häufig gabelförmig in zwei Äste, von denen einer bald zu dem anderen ungeteilten Ast herantritt und mit ihm zu einem kurzen dicken Ast verschmilzt; der zweite Teilast vereinigt sich jedoch mit dem letzteren und läßt mit ihm den Hauptfortsatz entstehen. Dieser gleichsam sekundär entstandene Hauptfortsatz verläßt die Bindegewebshülle und wird entweder vor oder nach dem Austritt aus derselben von einer Markscheide umgeben, worauf er sich in einen peripheren und einen zentralen Ast teilt.

Nicht selten werden unter den Zellen dieser Varietät solche angetroffen, deren gewöhnlich dicker Hauptfortsatz nach einem schlangenförmig gewundenen Verlauf sich spitzwinkelig in zwei Äste teilt. Einer derselben beschreibt häufig zwei Windungen um die Zelle, umgibt sich mit einer Markscheide und teilt sich an einem Ranvier'schen Schnürringe Y-förmig in zwei marklose Äste (Fig. 39). Letztere verlaufen nach entgegengesetzten Richtungen und nähern sich einander wieder, nachdem sie einen recht großen Bogen beschrieben haben; nach der Annäherung an einander teilt sich ein Ast allmählich in drei verhältnismäßig dünne Aste, welche leicht gewunden zu einer Stelle der Bindegewebshülle ziehen, wohin auch der zweite Ast verläuft, mit welchem sich einer der Teiläste des zweiten Astes des Hauptfortsatzes verbunden hat.

Dieser letztere Ast ist auf einer beträchtlichen Strecke von einer Markscheide umgeben, umwindet mehrfach die Zelle, entsendet zunächst einen feinen Ast, welcher zu der Stelle der Bindegewebshülle verläuft, wohin auch die vier oben angeführten Äste hinziehen. Der genannte Ast verläuft darauf weiter und spaltet sich nach kurzem Verlauf endgültig in zwei Äste, von denen der eine, wie oben erwähnt, mit dem ersten Teilast des Hauptfortsatzes anastomosiert, der andere mit dem zweiten Ast des Fortsatzes ungefähr an der Stelle, von welcher aus ihm ein dünner Ast entspringt. Sämtliche fünf aus der Teilung eines Hauptfortsatzes hervorgegangene Äste nähern sich allmählich einander und verschmelzen zu einem mehr oder weniger dicken Hauptfortsatz (Fig. 39).

Eine gewisse Ähnlichkeit mit den beschriebenen Zellformen haben Zellformen von der in Fig. 40 abgebildeten Art. Der von einer Markscheide nicht umgebene Hauptfortsatz dieser Zellen windet sich, beschreibt einige schlingenförmige Krümmungen und zerfällt darauf in zwei Äste. Beide verlaufen in bogenförmigen Windungen eine gewisse Strecke, worauf sie sich ihrerseits teilen und zwar der eine Ast in zwei, der andere in drei Teiläste (Fig. 40). Ein Teilast des ersteren und zwei des zweiten ziehen alsdann zu einer Stelle der Bindegewebshülle und verschmelzen zu einem Hauptfortsatz. In diesem Falle lenkt die Aufmerksamkeit der Umstand auf sich, daß einer der drei Äste, welche sich an der zweiten Bildung des Hauptfortsatzes beteiligen, an der Vereinigungsstelle mit den anderen Ästen sich zunächst in drei kurze Äste spaltet. Zwei der letzteren verlaufen selbständig zur Vereinigungsstelle und beteiligen sich direkt an der Bildung des Hauptfortsatzes, während der dritte sich mit dem ihm am nächsten verlaufenden Aste vereinigt. Die an der Zusammensetzung des Hauptfortsatzes nicht teilnehmenden Äste winden sich schlingenförmig, durchflechten sich hierbei und anastomosieren schließlich miteinander.

Der auf die beschriebene Weise sekundär entstandene Hauptfortsatz erscheint in seinem Anfangsteil bedeutend verdickt; er

beschreibt einen Bogen, in dessen Nähe er dann wieder sich in zwei Äste spaltet. Letztere verschmelzen fast sofort zu einer dicken Faser. welche nach kurzem Verlauf Y-förmig sich in einen dicken peripheren und einen verhältnismäßig dünnen zentralen Ast teilt.

Außer den beschriebenen kommen auch noch kompliziertere Formen von Spinalganglienzellen vor. Die aus der Spaltung des Hauptfortsatzes dieser Zellen hervorgegangenen Äste teilen sich mehrfach, vereinigen sich von neuem miteinander, teilen sich abermals, winden sich, durchflechten sich miteinander in verschiedenen Richtungen und bilden einen dermaßen verwickelten Knäuel oder umwinden die Zellen dermaßen, daß es zuweilen recht schwer fällt, sich in dem Bilde zu orientieren und noch mehr dasselbe in einer Zeichnung wiederzugeben.

Zwischen den einfachen und komplizierten Zellformen der Varietät b existieren, wie bereits oben angegeben wurde, eine Reihe von Übergangsformen.

Die bipolaren Zellen dieser Varietät werden bedeutend seltener angetroffen als die unipolaren; beide Fortsätze einer derartigen Zelle in der Mehrzahl der Fälle mit einer kegelförmigen Anschwellung unweit von einander oder beinahe an entgegengesetzten Polen beginnen (Fig. 41, 42, 43, 44 und Textfigur 2). Die Fortsätze sind von nahezu gleicher Mächtigkeit oder zuweilen ist auch der eine dicker als der andere.

Im ersteren Fall beschreibt einer derselben in der Bindegewebshülle mehrere schlingenförmige Windungen, erhält darauf eine Markscheide und bildet wieder 2—3 große Schlingen (Fig. 41). Der zweite Fortsatz windet sich ähnlich dem ersten, teilt sich darauf in geringer oder größerer Entfernung von seinem Ursprung gabelförmig in zwei Äste von gleicher oder verschiedener Dicke, wobei der eine sich bald an einem Ranvier'schen Schnürringe mit dem ersten Fortsatz vereinigt, d. h. mit ihm anastomosiert. Der andere Ast windet sich in verschiedener Weise und durchzieht häufig in der Bindegewebshülle eine beträchtliche Strecke, worauf er sich dem ersten Fortsatze nähert und irgendwo in der

Bindegewebshülle (gewöhnlich an deren Peripherie) sich mit demselben zu einem gewöhnlich dicken Hauptfortsatz vereinigt (Fig. 41).

Nicht selten sind ferner Bipolarzellen, deren Nervenfortsatz in der Bindegewebshülle der betreffenden Zelle mehrere schlingenförmige Krümmungen beschreibt (Fig. 43) und darauf in zwei Äste zerfällt. Ein Ast spaltet sich, wie es die Fig. 43 zeigt, früher oder später wieder in zwei Äste, welche nach Verlauf einer beträchtlichen Strecke zu einem langen Ast verschmelzen. Der andere Ast bildet eine Schlinge und gesellt sich zum zweiten Nervenfortsatz; letzterer windet sich in stärkerem oder geringerem Grade und verschmilzt in einer weiten Entfernung von der Zelle mit dem zweiten langen Aste des ersten Fortsatzes, infolge dessen schließlich ein Nerven- oder Hauptfortsatz entsteht (Fig. 43). Ungeachtet dessen, daß beide Äste, aus deren Verschmelzung der Nervenfortsatz entsteht, weit von der Zelle entfernt sind, verlaufen sie dennoch bis zu ihrer Vereinigungsstelle innerhalb der Bindegewebshülle, der Fortsetzung der erwähnten Zellhülle.

Unter den Bipolarzellen werden schließlich häufig Zellen angetroffen, von denen mehr oder weniger nahe bei einander zwei dicke Nervenfortsätze entspringen (Fig. 44). An der Ursprungsstelle beider Fortsätze ist gewöhnlich in der Zelle eine Pigmenthäufung vorhanden. Nach kurzem Verlauf verschmelzen die beiden Fortsätze zu einem dicken Hauptfortsatz, infolge dessen ein mehr oder weniger konvexer Bogen entsteht. Der genannte Fortsatz teilt sich alsbald in zwei dicke Äste; diese letzteren winden sich schlingenförmig und verschmelzen darauf zu einem dicken Ast, d. h. mit anderen Worten, sie bilden neuerdings einen Hauptfortsatz. Letzterer durchläuft eine kürzere oder längere Strecke und spaltet sich abermals, wie es die Fig. 44 zeigt, gabelförmig in zwei (einen dicken und einen dünnen) lange Äste; der dickere teilt sich sofort wieder in zwei Äste, welche sich abermals zu einem Ast vereinigen. Beide Äste winden und verflechten sich in ihrem Anfangsteil, wobei der dünnere und längere Ast in der Bindegewebshülle der Zelle eine große Schlinge bildet, worauf sie sich endgültig zu einem Hauptfortsatze ver-

einigen, welcher, nachdem er die Zelle einmal umgeben hat, aus der Bindegewebshülle heraustritt (Fig. 44). Bisweilen gibt der zum dritten Mal entstandene Hauptfortsatz noch einen feinen Ast ab, welcher nach einer bogenförmigen Krümmung sich mit ihm wieder noch vor dessen Austritt aus der Bindegewebshülle vereinigt. Die von Lenhossék (20) erwähnten „Zellenschlingen" stellen offenbar zwei miteinander verbundene Nervenfortsätze der hier beschriebenen Zellen dar.

In dem Falle, wenn von einer Zelle zwei verschieden dicke Fortsätze abgehen, verschmelzen dieselben nach einer oder zwei schlingenförmigen Krümmungen in der Bindegewebshülle zu einem kurzen Fortsatz (Fig. 42). Letzterer zerfällt bald in 2, bisweilen in 3 Äste, von denen einer, gewöhnlich der dickere nach unvollständigen Umkreisung der Zelle sich abermals T-förmig teilt. Meist noch vor der Teilung dieses Astes gesellt sich zu ihm, nach Verlauf einer gewissen Strecke, der zweite Ast. Von den zwei Teilästen, welche bei der T-förmigen Teilung entstanden, windet sich der eine, dickere schlingenförmig und zerfällt früher oder später in zwei recht lange Äste. Letztere verlaufen zunächst einander mehr oder weniger parallel, nähern sich darauf allmählich dem zweiten Ast, worauf sich schließlich alle drei Äste unter spitzem Winkel mit einander vereinigen und einen dicken Nervenfortsatz bilden (Fig. 42).

Von dem Hauptfortsatze der Zellen dieser Varietät entspringen noch vor seiner Spaltung in einzelne Zweige verschieden lange Kollateralen, welche mit den Spaltungsästen des Fortsatzes nicht anastomosieren, sondern in der Bindegewebshülle mit verschiedenen (vieleckigen, rundlichen usw.) Plättchen und keulenförmigen Anschwellungen endigen. Jede Kollaterale beginnt gewöhnlich mit einer kleinen kegelförmigen Anschwellung, verfeinert sich darauf recht rasch, wird alsbald wieder um einiges dicker und endigt nach Verlauf einer kurzen Strecke in einem der soeben beschriebenen Apparate, wobei sie vor dem Übergang in letzteren wieder eine kleine kegelförmige Anschwellung bildet.

Diese Endapparate sind teilweise zwischen den Fibrillenbündeln der Bindegewebshülle der Zelle gelegen, teilweise liegen sie der Kapsel an, in welchem Falle sie wahrscheinlich einen Druck auf die Zelle ausüben und auf ihrer Oberfläche mehr oder weniger tiefe Eindrücke (Nischen) hinterlassen; niemals jedoch berühren sie unmittelbar die Zelle selber, sondern sind stets durch die Kapsel von ihr getrennt. Was nun die Zahl der Kollateralen anbetrifft, so entspringen von dem Hauptfortsatz, soviel ich aus meinen Präparaten ersehe, eine oder zwei derselben. Kollateralen sind jedoch bei weitem nicht an allen Zellen dieser Varietät sichtbar, was wohl darauf beruht, daß sie nicht überall mit Methylenblau gefärbt sind.

Sowohl in dem Hauptfortsatz der Zellvarietäten a und b, als auch in dessen Spaltungsästen sind deutlich besonders vermittelst Immersionssystemen die Neurofibrillen und die perifibrilläre Substanz sichtbar.

c) Der Typus V umfaßt nach meinen Beobachtungen noch eine dritte Varietät, die wir c nennen wollen (Fig. 45). Die Zellen dieser Varietät unterscheiden sich von den anderen Zellvarietäten hauptsächlich dadurch, daß ihr Hauptfortsatz sofort nach dem Austritt aus der Kapsel eine mehr oder weniger dicke Markscheide erhält, darauf leicht geschlängelt in der Bindegewebshülle eine wechselnde, bisweilen sehr lange Strecke durchläuft, wobei er die Zelle mehrmals umwindet. Darauf teilt er sch an einem Ranvier'schen Schnürringe spitzwinkelig in zwei, drei markhaltige Äste von annähernd gleicher oder auch von verschiedener Dicke. Diese letzteren zeigen dasselbe Verhalten, wie die Äste sowohl der einfachen als auch der komplizierten Zellform der Varietät b, weshalb ich, um unnütze Wiederholungen zu vermeiden, mich nicht weiter bei der Beschreibung ihres Verlaufs, ihrer Spaltung in neue Äste usw. aufhalten will; die beigegebene Fig. 45 wird eine bessere Vorstellung von diesen Zellen geben, als die genaueste Beschreibung. Ich mache hier nur darauf aufmerksam, daß sämtliche Verzweigungen des Hauptfortsatzes dieser Zellvarietät mit einer Markscheide von verschie-

dener Mächtigkeit umgeben sind, wobei die Teilung der Verzweigungen, sowie die abermalige Verschmelzung zu neuen Ästen oder mit anderen Ästen stets an einem Ranvier'schen Schnürringe erfolgt. Darin unterscheiden sich diese Zellen wesentlich von den Zellen der Varietät b. Nur in Ausnahmefällen hat irgend ein Teilast keine Markscheide. Aus der Vereinigung von 2—3 markhaltigen Ästen entsteht schließlich wiederum an einer Stelle der Peripherie der Bindegewebshülle oder außerhalb derselben ein Hauptfortsatz, welcher gewöhnlich sich als markhaltige Faser darstellt und früher oder später sich T- oder Y-förmig in einen peripheren und einen zentralen Ast teilt.

Da bei den komplizierten Zellformen der Varietät c die Verzweigungen des Hauptfortsatzes in zahlreichen, nach verschiedenen Richtungen verlaufenden Windungen jede Zelle umgeben, so entsteht um letztere ein äußerst kompliziertes Geflecht markhaltiger Fasern. Es ist schwer zu sagen, ob von dem Hauptfortsatz der Zellvarietät c, ebenso wie von der Zellvarietät b Kollateralen abgehen; jedenfalls habe ich nirgends derartige Ästchen gesehen.

Die Zellen der Varietät c sind von mir bereits in einer meiner Arbeiten (10) über die Spinalganglien beschrieben worden, wobei ich sie damals dem sog. „zweiten Typus" zugezählt hatte; damals hatte ich die diese Zellen umgebenden Fasern irrtümlich für Fortsätze besonderer Zellen gehalten oder richtiger mit diesen verwechselt, da dergleichen Zellen, wie weiter unten berichtet werden soll, tatsächlich vorkommen.

Sämtliche Zellen des Typus V stellen einen neuen, bisher noch nicht beschriebenen Zelltypus vor. Ihre charakteristische Besonderheit besteht somit darin, daß der Hauptfortsatz einer jeden Zelle von seiner Austrittsstelle aus der Bindegewebshülle bis zum Ort seiner T- oder Y-förmigen Teilung eine mehrfache Spaltung in markhaltige oder marklose Äste, die sich nicht selten abermals teilen und miteinander verbinden, aufweist. Letztere verschmelzen jedesmal nach Verlauf einer gewissen Strecke von neuem zum Hauptfortsatze. Die Spaltung eines, bis-

weilen auch zweier Hauptfortsätze in markhaltige und marklose oder ausschließlich markhaltige Äste, kann auch statt außerhalb der Bindegewebshülle innerhalb derselben erfolgen. Die so entstandenen Verzweigungen schlängeln sich mannigfach, umgeben die Zelle häufig in mehrfachen Windungen und bilden, indem sie sich allmählich miteinander vereinigen, schließlich in der Bindegewebshülle einen Hauptfortsatz.

Infolge der angeführten Teilung der Hauptfortsätze, erfährt überall, wo dieselbe stattfindet, die Zahl der Neurofibrillen und die Menge der perifibrillären Substanz mehr oder weniger, je nach der Zahl der Teiläste, eine Zunahme. Zu gunsten dieser Behauptung läßt sich die Zahl als auch die Dicke der einzelnen Äste anführen, von denen einige sogar dicker sind, als die Hauptfortsätze vor und nach ihrer Spaltung.

Am Schlusse der Beschreibung der Zellen des Typus V möchte ich noch die Frage berühren, ob die charakteristische Eigentümlichkeit des Nervenfortsatzes derselben nicht auch an seinen, bei der Y- oder T-förmigen Teilung entstandenen Ästen — dem peripheren und zentralen — erhalten bleibt. Soweit ich diese Äste in den Ganglien selbst habe verfolgen können, ist es mir niemals gelungen, an denselben die für den Hauptfortsatz charakteristische Spaltung in einzelne Äste und eine darauffolgende Verschmelzung derselben zu einer einzigen Faser festzustellen. Bei der Untersuchung der Endigungen der sensiblen Nerven in den Augenmuskeln des Menschen und der Säugetiere habe ich (14) häufig eine Spaltung der Achsenzylinder einiger dicker markhaltiger Fasern, welche in dem intermuskulären Bindegewebe und auf der Oberfläche der Muskelfasern in verschiedenen Apparaten endigen, gesehen. Es erweist sich somit, daß es sensible Nervenfasern gibt, deren Achsenzylinder dieselbe Eigentümlichkeit aufweisen, wie die Nervenfortsätze der Zellen des Typus V. Daraufhin kann meiner Meinung nach die Annahme gemacht werden, daß die erwähnten Fasern die peripheren, aus der T- oder Y-förmigen Teilung des Nervenfortsatzes von Zellen dieses

Typus entstandenen Äste sind. Ist das der Fall, dann ist es möglich, nach dem Verhalten einiger peripherer Fasern, ungeachtet der großen Entfernung vom Zentrum, zu bestimmen, von welchen sensiblen, bezw. spinalen Zellen dieselben herrühren.

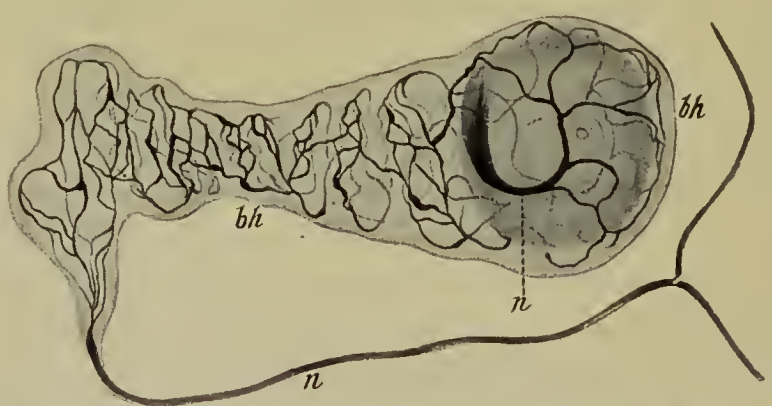
Typus VI. Die Zellen des Typus VI stellen eine vollkommen eigenartige und, wie mir scheint, neue Form von Spinalganglienzellen dar, welche in den Ganglien in großer Zahl vorkommen, so daß sie nicht schwer in jedem Präparate aufzufinden sind. Sie gehören vorwiegend den Zellen mittlerer Größe an, doch werden unter ihnen auch große und kleine angetroffen. Diese Zellen sind dadurch charakterisiert, daß von jeder derselben ein oder häufiger mehrere (2—6) Nerven- oder Hauptfortsätze entspringen, welche in der Bindegewebshülle bald mehr, bald weniger geschlängelt eine gewisse Strecke verlaufen und darauf allmählich in eine große Anzahl Äste zerfallen. Letztere teilen sich mehrfach, verflechten sich miteinander und verbinden sich untereinander, worauf sie schließlich zu einem Hauptfortsatz verschmelzen, welcher aus der Zellhülle heraustritt und sich früher oder später T- oder Y-förmig in einen peripheren und einen zentralen Ast teilt (Fig. 46—50). Diesem allgemeinen Verhalten der Zellen des Typus VI entsprechen nicht vollkommen Zellen mit mehreren Fortsätzen, welche ich als besondere Varietät d unterscheide. Von der Zelle entspringen hier 2 oder 3 bis 5 Fortsätze, wobei im ersten Falle nur ein Fortsatz zunächst in Ästchen, welche ein Netz bilden, zerfällt; aus dem Netze entsteht wieder der Hauptfortsatz. Im zweiten Falle entstehen aus dem allgemeinen Netze, welches von sämtlichen Nervenfortsätzen der Zelle gebildet wird, abermals zwei Fortsätze (Fig. 51—52). Sämtliche Zellen müssen in Berücksichtigung einiger Besonderheiten ihres Baues mindestens in vier Varietäten gesondert werden.

a) Zur Varietät a (Fig. 46, 47) rechne ich Zellen mit einem Nervenfortsatz, welcher gewöhnlich von einem Zellpol mit einer kegelförmigen Anschwellung beginnt und je nach der Größe der Zellen verschieden dick ist. Zunächst dringt der Fortsatz durch die Zellkapsel und verläuft darauf innerhalb der Bindegewebshülle, wobei er einige schlingen- oder spiralförmige Windungen beschreibt; letztere sind entweder an einer Seite der Zelle oder um die ganze Zelle herum gelagert. Auf dieser, nicht selten beträchtlich langen Strecke teilt sich der Fortsatz nicht und unterscheidet sich nicht von dem Fortsatz der Zellen des Typus I. Nach einem kürzeren oder längeren Verlauf beginnt er sich darauf zu teilen und zwar zunächst in 2—3 Ästchen von verschiedener Dicke; diese wiederum zerfallen ihrerseits nach Verlauf einer verschieden langen Strecke in einige ähnliche Ästchen, an denen sich derselbe Vorgang wiederholt usw. Sämtliche infolge der allmählichen Spaltung des Hauptfortsatzes entstandene Ästchen schlängeln sich mannigfach, wobei sie mannigfaltige Schlingen bilden, verflechten sich miteinander in verschiedenen Richtungen, vereinigen sich zugleich miteinander und bilden ein echtes Netz. Letzteres ist in der Bindegewebshülle gelegen und umgibt die Zelle allseitig mehr oder weniger gleichmäßig, oder aber an einer Seite der Zelle ist eine größere Anzahl von Schlingen derselben vorhanden als auf der anderen, oder das Netz umgibt nur einen bald größeren, bald geringeren Teil der Zelle, wobei die Hauptmasse der Schlingen sich im Bereiche der Zellhülle konzentriert. Indem die Ästchen dieses Netzes die ganze oder nur einen Teil der Zelle umgeben, liegen sie niemals unmittelbar der Zelle selbst an, sondern sind stets von derselben durch die Zellkapsel getrennt. Wie bereits oben bemerkt wurde, sind diese Ästchen verschieden dick: einige haben das Aussehen feiner Fädchen, andere von mehr oder weniger dicken, stellenweise noch verdickten Fasern. In vielen Fällen sondert sich von einem Ästchen des Netzes ein feiner Zweig ab, welcher nach kurzem Verlauf sich mit demselben oder mit einem benachbarten Ästchen vereinigt.

Bei einer sorgfältigen Betrachtung des aus der Teilung des Hauptfortsatzes hervorgegangenen Netzes ist es nicht schwer wahrzunehmen, daß an einigen Stellen desselben einige der Ästchen (2—3 und mehr) von verschiedener Dicke sich allmählich einander nähern, darauf sich vereinigen und schließlich eine mehr oder weniger dicke Faser bilden. Dieselbe verläßt alsbald die Bindegewebshülle der Zelle und teilt sich nach Verlauf einer kürzeren oder längeren Strecke T- oder Y-förmig in zwei Äste von verschiedener Dicke; die Faser selbst ist dabei entweder von einer Markscheide umgeben oder entbehrt derselben, infolge dessen auch die Äste entweder markhaltig oder marklos sind. Der in wechselnder Entfernung von der Zelle in ein Netz von Ästchen zerfallene Hauptfortsatz wird von denselben allmählich neu gebildet und nimmt die Gestalt einer markhaltigen oder marklosen Faser an.

Zwischen den Zellen der Varietät a werden noch Zellformen angetroffen, welche sich von den beschriebenen dadurch unterscheiden, daß ein Teil der von den Verzweigungen des Hauptfortsatzes gebildeten Netzschlingen sich nach einer bestimmten Richtung auszieht; dies hat zur Folge, daß die Schlingen dieses Netzbezirkes in immer größerem Abstand von dem Körper der betreffenden Zelle zu liegen kommen. Im einfachsten Falle entspringt von der Zelle ein mehr oder weniger dicker Fortsatz, welcher mehrere Windungen um die Zelle beschreibt, sich darauf von ihr entfernt und nach einer oder einigen ferneren Windungen in 2—3—4 Ästchen von verschiedener Dicke zerfällt (Fig. 46). Diese Ästchen winden sich, teilen sich allmählich, vereinigen sich miteinander und bilden eine geringe Anzahl von Schlingen verschiedener Größe und Form, d. h. mit anderen Worten ein Netz. Letzteres ist in einer Richtung mehr oder weniger ausgezogen. Die Schlingen dieses Netzes sind nacheinander angeordnet; infolge der allmählichen Verschmelzung von 3—4 Ästchen des Netzes bildet sich in einer beträchtlichen Entfernung von der Zelle eine mehr oder minder dicke Faser — der Hauptfortsatz der Spinalganglienzelle (Fig. 46).

Außerdem werden zwischen den Zellen der Varietät a bisweilen solche mit stärkeren Abweichungen von der charakteristischen Form dieser Varietät beobachtet. So werden Zellen angetroffen, deren recht dicker Hauptfortsatz sich zunächst schlingenförmig windet und darauf nach Verlauf einer kürzeren oder längeren Strecke in mehrere Ästchen zerfällt; letztere winden sich mannigfach und teilen sich ihrerseits in eine wechselnde Anzahl gleicher Ästchen, an denen sich dasselbe wiederholt usw. (Fig. 47) Sämtliche dieser Ästchen teilen sich nicht nur allmählich, sondern verbinden sich auch gleichzeitig unmittelbar sowie vermittelst Seitenästchen mit anderen benachbarten Ästchen und bilden, wie es Fig. 47 zeigt, ein Netz (s. a. Textfig. 3). Letzteres um-



Textfigur 3. Schematische Darstellung einer Zelle des Typus VI, Varietät a. *bh* — Bindegewebshülle; *n* — Nervenfortsatz.

gibt, wie bei sämtlichen Zellen der Varietät a, die ganze Zelle oder nur einen größeren oder geringeren Teil derselben; von dem Netze sondern sich 3—4—5 verschieden dicke Ästchen ab, welche in einer Richtung in schlingenförmigen Windungen verlaufen, hierbei verschieden lange und dicke Seitenästchen abgeben, welche benachbarte Schlingen miteinander verbinden: gleichzeitig fahren die Ästchen fort, sich zu teilen, verlaufen unter mannigfachen Windungen weiter, vereinigen sich vermittelst Seitenästchen und zerfallen allmählich in neue Ästchen, an welchen sich dasselbe wiederholt usw. In größerer Entfernung von der Zelle verschmelzen einige (4—5—6) Ästchen dieses Netzes allmählich miteinander und bilden eine recht dicke Faser, den

Hauptfortsatz (Fig. 47), der sich früher oder später mit einer Markscheide und einem Neurilemm umgibt und darauf Y- oder T-förmig in einen peripheren und einen zentralen Ast teilt. Auf diese Weise entsteht im allgemeinen ein dichtes, in einer Richtung ausgezogenes Netz, wobei die letzten Maschen dieses Netzes sehr weit von der entsprechenden Spinalganglienzelle gelegen sind.

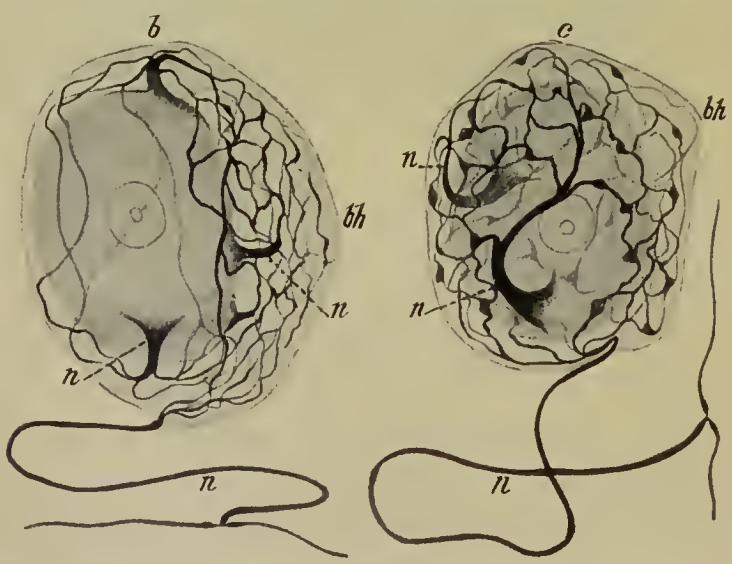
Das eigenartige und für die hier beschriebene Zellform charakteristische Netz ist in seiner ganzen Ausdehnung bis zu der Stelle, an welcher sich aus ihm von neuem der Haupt- oder Nervenfortsatz entwickelt, von der Bindegewebshülle der Zelle umgeben.

b) Die Zellvarietät b (Fig. 48, 49) des Typus VI unterscheidet sich von der Varietät a hauptsächlich dadurch, daß von der Zelle nicht ein, sondern 2—3—4, zuweilen auch 5 und 6 Nervenfortsätze entspringen (Fig. 48, 49). Gewöhnlich beginnt ein jeder derselben mit einer mehr oder weniger scharf ausgebildeten kegelförmigen Anschwellung an der Zelle, wobei alle verhältnismäßig nahe bei einander gelegen sind. Die Fortsätze sind von verschiedener Dicke; niemals stellen sie sich jedoch, soviel ich habe feststellen können, als feine Fäden dar. Nach ihrem Austritt aus der Zellkapsel beschreiben sie zunächst in der Bindegewebshülle einen kleinen Bogen, ziehen darauf leicht gewellt weiter, wobei einer der Äste nicht selten sich schlingenförmig krümmt (Fig. 48, 49).

In der Mehrzahl der Fälle verlaufen die Fortsätze in der gleichen Richtung oder sie ziehen nach verschiedenen Richtungen auseinander und teilen sich nach einem kürzeren oder längeren Verlauf allmählich in einige (2—4 und mehr) Ästchen von verschiedener Dicke, wobei nicht selten einige derselben an Dicke den Fortsatz selbst übertreffen, aus welchem sie hervorgegangen sind. Jedes dieser Ästchen verläuft, wie auch bei den Zellen der Varietät a, eine wechselnde Strecke und zerfällt allmählich in eine Anzahl sich abermals teilender Ästchen usw. Schließlich entsteht infolge allmählicher, mehrfacher Teilung der Nervenfortsätze eine ungeheuer große Anzahl ver-

schieden dicker Ästchen, welche sich unter Bildung mannigfaltiger Schlingen winden, überkreuzen, miteinander in den verschiedensten Richtungen verflechten und gleichzeitig miteinander vereinigen, d. h. ein vollkommen geschlossenes Netz bilden. Außerdem sondern sich von den vielen, besonders von den dickeren Ästen, während ihres Verlaufes beständig feine Ästchen ab, welche ungeteilt gewöhnlich eine geringe Strecke durchlaufen und die Windungen der Ästchen, aus denen sie hervorgegangen sind, verbinden. Bisweilen teilen sich die genannten Ästchen in ihrem Anfangsteil in zwei feine Ästchen, von denen das eine weiter verläuft und in neue Ästchen zerfällt, während das zweite nach kürzerem oder längerem Verlauf sich mit dem Ästchen, aus dem es hervorgegangen, verbindet.

An den Teilungsstellen der Ästchen des beschriebenen Netzes bilden sich gewöhnlich dreieckige oder unregelmäßig



Textfigur 4. Schematische Darstellung von Zellen des Typus VI, Varietät b und c. *bh* — Bindegewebshülle; *n* — Nervenfortsatz.

eckige Verbreiterungen oder Anschwellungen, während die Ästchen selbst, unabhängig von ihrer Dicke, glatt sind und nur selten stellenweise kleine Anschwellungen offenbaren. Die Gestalt und Größe der Maschen des erwähnten Netzes ist, wie es die Fig. 48, 49 zeigen, äußerst mannigfaltig. (Vgl. Textfigur 4.)

Das von den Verzweigungen der Nervenfortsätze gebildete

Netz ordnet sich entweder, in Abhängigkeit von der eingeschlagenen Richtung der Fortsätze, noch vor ihrer Teilung, an einer Seite der Zelle an, wobei dasselbe nur einen kleineren oder größeren Teil der Zelle umgibt, so daß letztere wie in einer Schale gelegen ist. Oder aber, was viel häufiger der Fall ist, die Netzschlingen umgeben und umflechten die ganze Zelle gleichmäßig. In beiden Fällen liegt das Netz niemals unmittelbar der Spinalganglienzelle an, sondern ist von ihr durch die Kapsel getrennt. Bei einem sorgfältigen Studium des Netzes läßt es sich feststellen, daß an einer Stelle (gewöhnlich an der Peripherie) derselben, 2—3 und mehr Ästchen sich allmählich nähern, sich schließlich in der Mehrzahl der Fälle in einem spitzen Winkel vereinigen und mehrere verschieden lange Ästchen bilden. Diesen gesellen sich weiterhin neue Ästchen hinzu, worauf sie sich wieder nach einem gewissen Verlauf in mehrere Ästchen vereinigen, an denen sich das nämliche wiederholt, bis schließlich durch allmähliche Verbindung der Ästchen eine mehr oder weniger dicke Faser entsteht. Diese letztere windet sich ebenso wie die Ästchen, aus denen sie entstanden, verläuft eine gewisse Strecke in der Bindegewebshülle der Zelle, verläßt darauf letztere und zieht in den Bindegewebssepten zwischen den Spinalganglienzellen weiter. Während dieses Verlaufes windet sie sich mannigfach, wird von einer Markscheide umgeben und teilt sich schließlich Y- oder T-förmig in einen peripheren und einen zentralen Ast (Fig. 48); bisweilen erhalten nur diese Äste eine Markscheide, während die Faser selbst marklos bleibt. Nicht selten sind auch Fälle, in denen die Ästchen des Netzes, aus welchen sich allmählich der Hauptfortsatz bildet, in der Nähe ihrer Vereinigungsstelle sich in verschiedenem Maße spiralförmig winden und gleichzeitig miteinander verflechten. Gleichzeitig stülpen sie an einer Stelle die Bindegewebshülle kegelförmig aus und verschmelzen an dem Scheitel dieser Ausstülpung zum Hauptfortsatz (Fig. 48). In diesen Fällen verläßt letzterer sofort die Zellhülle.

Die Zellen der Varietäten a und b sind außerdem noch

dadurch charakterisiert, daß von ihren Nervenfortsätzen Kollateralen abgehen, welche in Plättchen und Anschwellungen endigen. Von den Nervenfortsätzen entspringen gewöhnlich, unabhängig davon, ob die Zelle einen (Varietät a) oder mehrere (Varietät b) Fortsätze hat, noch vor ihrem Zerfall in einzelne Ästchen, verschieden lange und in der Mehrzahl der Fälle sehr dünne Kollateralen. Sie verlaufen geschlängelt zwischen den Netzschlingen, welche die Verzweigungen der Nervenfortsätze beschreiben und umwinden nicht selten einmal die Zelle oder aber bilden Schlingen. Nach einem bisweilen beträchtlich langen Verlauf endigen diese Kollateralen in kleinen vieleckigen oder unregelmäßigen Plättchen oder in keulen- und birnförmigen Anschwellungen, welche, soviel ich habe bemerken können, nicht aus dem Bereich der Bindegewebshülle heraustreten.

Soviel ich nach meinen Präparaten beurteilen kann, entspringen von einem Nervenfortsatz gewöhnlich eine oder zwei Kollateralen; hat die Zelle mehrere Fortsätze, so gehen die Kollateralen nicht von allen, sondern von einem oder zwei Fortsätzen ab. Bisweilen teilt sich eine derartige Kollaterale, welche mit einer kegelförmigen Anschwellung vom Fortsatz entspringt, fast sofort in zwei feine Fädchen. Da sich die genannten Kollateralen recht schwer mit Methylenblau färben, so ist es nicht möglich, ihre Zahl genau anzugeben. Da sie außerdem sehr fein, bisweilen auch sehr lang sind und da sie sich während ihres Verlaufes durch die Netzmaschen mit diesen durchflechten, so gelingt es nur in Ausnahmefällen, sie bis zu ihrer Ursprungsstelle vom Hauptfortsatz zu verfolgen, um so mehr, da sie auf Schnittpräparaten häufig durchschnitten sind.

c) Die Zellen der Varietät c sind offenbar in den Ganglien des Menschen und der von mir untersuchten Tiere in beschränkter Zahl vorhanden und auf Schnitten selten anzutreffen. Denselben gehören Zellen mit einem oder mehreren (2—3) recht dicken Nervenfortsätzen an, welche sich zunächst schlingenförmig winden, darauf aber nach Verlauf einer größeren oder geringeren Strecke unter verschiedenen Winkeln sich gleich den Zellfortsätzen der

Varietäten a und b in einzelne Ästchen teilen (Fig. 50); letztere verzweigen sich allmählich abermals und vereinigen sich gleichzeitig miteinander unter Bildung verschiedenartiger und verschieden großer Schlingen und Maschen usw. Das Endresultat der mehrfachen Teilung der Ästchen und ihrer Vereinigung ist ein mehr oder weniger dichtes Netz, dessen Maschen gebogen und untereinander verflochten erscheinen, wobei sie, in der Bindegewebshülle gelegen, bald einen Teil der Zelle, bald die gesamte Zelle umgeben. Infolge allmählicher Verschmelzung der Fortsätze bildet sich aus dem Netz abermals der Hauptfortsatz, dessen Durchmesser, soviel ich sehe, dem Durchmesser des Nervenfortsatzes oder eines der Nervenfortsätze, falls von der Zelle anfangs mehrere derselben abgingen, ungefähr gleich kommt. Der neuentstandene Hauptfortsatz durchzieht zunächst unter Windungen eine Strecke weit die Bindegewebshülle, ehe er dieselbe verläßt oder tritt sofort aus letzterer heraus, worauf er früher oder später sich T- oder Y-förmig teilt. In dieser Beziehung unterscheiden sich die Zellen der Varietät c nicht merklich von den anderen Varietäten dieses Zelltypus. Ihr Hauptunterschied besteht darin, daß erstens die Mehrzahl der Ästchen des Netzes, welches aus der Teilung eines oder mehrerer Nervenfortsätze entstanden ist, an Dicke den Fortsätzen selbst gleichkommt und zweitens an der Teilungsstelle der Ästchen, sowie während ihres Verlaufes verschiedenartige Verbreiterungen (Plättchen) und mehr oder weniger komprimierte Anschwellungen entstehen (Fig. 50). Gewöhnlich sind diese Verbreiterungen vieleckig und gekrümmt, wobei häufig von ihren Ecken verschieden dicke Ästchen abgehen, welche bisweilen abermals sich teilen, sich mit anderen Ästchen des Netzes oder mit benachbarten Verbreiterungen vereinigen. Viele dieser Verbreiterungen oder Plättchen sind den sogenannten Tastscheiben Merkels, welche u. a. in der Haut vorkommen, sehr ähnlich, zumal sie, wie weiter unten berichtet werden soll, auch den gleichen Bau haben.

Ob von den Nervenfortsätzen der Zellvarietät c Kollateralen abgehen, ist mir nicht gelungen festzustellen.

d) Die Varietät d umfaßt besondere eigenartige Zellen, von denen zwei oder mehrere (3—4) Nervenfortsätze abgehen (Fig. 51, 52).

Im ersten Fall entspringen die Fortsätze größtenteils von den zwei entgegengesetzten Polen der Zelle, wobei der eine derselben als dicke Faser erscheint; diese windet sich zunächst schlingenförmig in der Bindegewebshülle der Zelle, umkreist darauf die letztere ein oder mehrere Male und verläßt die Hülle (Fig. 51). Gewöhnlich bereits in der Nähe der Zelle erhält dieser Fortsatz eine mehr oder weniger dicke Markscheide.

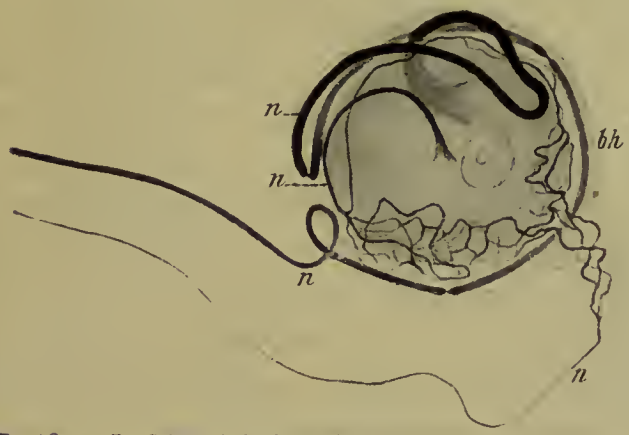
Der andere Fortsatz erscheint dünner als der erstere, windet sich in der Bindegewebshülle auf verschiedene Weise und zerfällt gleichzeitig allmählich in zahlreiche Ästchen (Fig. 51). Letztere sind verschieden dick, vereinigen sich mit einander und bilden um die Zellkapsel ein mehr oder weniger dichtes Netz, aus welchem, infolge allmählicher Verschmelzung der einzelnen Ästchen, wie bei den anderen Varietäten dieses Zelltypus, eine Faser, die weitere Fortsetzung des zweiten Nervenfortsatzes der Zelle entsteht (Fig. 51). Dieser Fortsatz unterscheidet sich nach meinen Beobachtungen von dem ersten dadurch, daß er dünner und wie im Anfangsteil, so auch nach dem Austritt aus der Bindegewebshülle marklos ist.

Werden die beiden Fortsätze in ihrem weiteren Verlauf nach dem Austritt aus der Bindegewebshülle der Zelle verfolgt, so ist es bisweilen nicht schwer festzustellen, daß sich wenigstens ein Fortsatz T- oder Y-förmig in einen dünnen zentralen und einen dickeren peripheren Ast teilt.

Im gegebenen Falle entspringen somit von der Zelle zwei Nervenfortsätze, von denen der eine sich von den gleichen Fortsätzen der Zellen des I und anderer Typen nicht unterscheidet; der zweite Fortsatz zerfällt in der Nähe der Zelle in zahlreiche Ästchen, welche ein Netz, das die Zelle umgibt, bilden. Dieses Netz ist mit dem ersten Fortsatz nicht verbunden, aus ihm entsteht all-

mählich die Fortsetzung des zweiten Nervenfortsatzes. (Vgl. Textfigur 5.)

Stellt man sich den Fall vor, daß der zweite Nervenfortsatz dieser Varietät in seinem Anfangsteil ungefärbt bleibt, oder daß derselbe aus irgend einem Grunde nicht sichtbar ist, während die Verzweigungen dieses Fortsatzes und die aus jenen entstehende weitere Fortsetzung des letzteren gefärbt erscheint und wie der erste Fortsatz klar und deutlich hervortritt, so resultiert ein Bild, welches der von S. R. y Cajal in einer seiner Arbeiten (3) (Fig. 7) abgebildeten Figur vollkommen gleicht, d. h. es resultiert eine Zelle mit einem Nervenfortsatz, die von einem Netz umgeben ist, in welchem auf der Oberfläche der Zelle irgend eine andere Nervenfaser endigt. Aus dem Gesagten geht hervor, wie leicht man bei dem Studium der Zellen des Typus VI überhaupt und speziell der Varietäten b und d in Irrtum verfallen und ein Gebilde für ein periglomeruläres oder ein besonderes perizelluläres Netz erklären kann, welches mit diesem nichts gemein hat.



Textfigur 5. Schematische Darstellung einer Zelle des Typus VI, Varietät d. *bh* — Bindegewebshülle; *n* — Nervenfortsatz.

Die Zellen mit mehreren Fortsätzen unterscheiden sich von den Zellen der Varietät b nur dadurch, daß aus dem Netz, welches die Verzweigungen dieser Fortsätze bilden, nicht ein, sondern zwei Nervenfortsätze entstehen (Fig. 52). Von diesen teilt sich wenigstens einer nach Verlauf einer gewissen Strecke T- oder Y-förmig in einen peripheren und einen zentralen Ast. In ihrem Gesamtverlaufe bis zu der Teilungsstelle bleiben diese Fortsätze nach meinen Beobachtungen marklos oder sie sind von einer dünnen Markscheide umgeben.

Die Zellen dieser soeben beschriebenen eigenartigen Varietät

werden in den Spinalganglien augenscheinlich in beschränkter Zahl angetroffen.

Sowohl an den Nervenfortsätzen, als auch an den Ästen des von ersteren gebildeten Netzes treten in sämtlichen Zellvarietäten des Typus VI äußerst deutlich die Neurofibrillen und die perifibrilläre Substanz hervor. Erstere verlaufen gewöhnlich leicht gewellt, wobei an den dickeren Ästchen zu erkennen ist, daß die Neurofibrillen einander überkreuzen, sowie daß sie in den Verbreiterungen und Anschwellungen an den Teilungsstellen der Ästchen, besonders jedoch in den plättchenförmigen Verbreiterungen der Varietät c (Fig. 50) sich mit einander vereinigen und ein äußerst dichtes Netz bilden. In den Endplättchen und Anschwellungen, in denen die oben erwähnten Kollateralen endigen, gelingt es bisweilen, ein dichtes Neurofibrillennetz wahrzunehmen. Sowohl in den Nervenfortsätzen und in den Netzen, welche die Verzweigungen der letzteren bilden, als auch in den Endplättchen und Anschwellungen ist zwischen den Neurofibrillen eine sehr geringe Menge perifibrillärer Substanz vorhanden, welche sich schwächer färbt, als die Neurofibrillen.

Auf Grund des Angeführten bin ich der Ansicht, daß die wesentlichen Besonderheiten der Zellen des Typus VI hauptsächlich darin bestehen, daß die Nerven- oder Hauptfortsätze dieser Zellen unabhängig davon wie viele derselben von der Zelle entspringen, nach Verlauf einer größeren oder geringeren Strecke ihre Individualität verlieren und in eine sehr große Zahl von Ästchen, die mit einander verbunden sind, zerfallen resp. ein Netz bilden. Aus diesem Netz entsteht unabhängig von der ursprünglichen Zahl der Fortsätze in der Mehrzahl der Fälle nur ein Hauptfortsatz; die Dicke desselben übertrifft nicht oder ist bisweilen sogar geringer als diejenige des Nervenfortsatzes oder eines derselben vor dem Zerfall in die mit einander verbundenen Ästchen. Folge der Teilung der Nervenfortsätze ist eine un-

geheuere Vermehrung der Zahl der Neurofibrillen und der Menge der perifibrillären Substanz, im Vergleich zu der Zahl der ersteren und der Menge der letzteren in den Nervenfortsätzen vor ihrer Teilung und dem aus dem Netz gebildeten Hauptfortsatz. Nur bei den bipolaren Zellen der Varietät d bleibt ein Fortsatz ungeteilt und steht mit dem vom zweiten Fortsatz gebildeten Netz nicht in Verbindung; bei den multipolaren Zellen dieser Varietät entstehen aus dem Netz, welches durch Teilung aller Fortsätze hervorgegangen ist, nicht ein, sondern zwei Nervenfortsätze. Für die Zellen der Varietät c sind außerdem die plättchenförmigen Verbreiterungen und die unregelmäßigen Anschwellungen an den Teilungsstellen und im Verlauf der Ästchen des Netzes charakteristisch.

Die Bezeichnung der Fortsätze der Zellen des Typus VI, welche in Ästchen zerfallen, die ihrerseits ein Netz in der Bindegewebshülle bilden, als Nervenfortsätze bedarf noch einiger Erläuterungen. Ein jeder dieser Fortsätze, sei er nun in der Ein- oder Mehrzahl vorhanden, beginnt an der Zelle mit einer kegelförmigen Anschwellung, welche sich gewöhnlich mit Methylenblau intensiver färbt, als der übrige Teil des Fortsatzes. An der Ursprungsstelle des Fortsatzes von der Zelle ist in letzterer stets eine Pigmentanhäufung zu erkennen, welches Verhalten ich unter anderem für eine charakteristische Eigentümlichkeit des Nervenfortsatzes der Spinalganglienzelle halte. Außerdem unterscheidet sich der Fortsatz seinem äußeren Ansehen und seinem Bau nach in nichts von dem Nerven- oder Hauptfortsatz der unipolaren Zellen des I und der ihm ähnlichen Typen. Die Zellen des Typus VI stellen schließlich eine kompliziertere Form der Zellen des Typus V dar, und zwar hinsichtlich des Fortsatzes, der ja bei letzteren auch in Äste (jedoch in etwas anderer Weise als bei den Zellen des Typus VI) zerfällt und bezüglich dessen wohl kaum jemand zweifeln wird, daß er tatsächlich ein Nervenfortsatz ist.

In seiner oben zitierten Arbeit beschreibt S. R. y Cajal (6) und illustriert (vgl. Fig. 9—12) einige Zellvarietäten des Typus VI und bezeichnet sie als gefensterte Zellen („cellulas fenestradas"). Sowohl die Bezeichnung, als auch die Beschreibung entspricht jedoch nicht der Wirklichkeit. Zunächst hat S. R. y Cajal den Charakter der Zellfortsätze nicht berücksichtigt und hält sie für Protoplasmastränge der Zelle, die mit einander anastomosieren und ein Netz bilden. Von einem derartigen Zellstrang entspringt seiner Ansicht nach der Achsenzylinder oder Nervenfortsatz. Das Protoplasmanetz ist in einigen Zellen nach der Beschreibung von S. R. y Cajal mit dem Nervenfortsatz nicht verbunden, welcher gesondert von der Zelle in einiger Entfernung von dem Netz entspringt. Außerdem sollen auch noch Zellen angetroffen werden, deren Protoplasma im größten Teil der Zelloberfläche durchlöchert ist, wobei das Netz der Stränge nur durch einige Züge mit dem Nervenfortsatz verbunden ist. Zwischen diesen Zellen werden nach den Beobachtungen von S. R. y Cajal auch Mischtypen angetroffen und zwar durchlöcherte Zellen mit kurzen Dendriten. In der Tat sind jedoch die von S. R. y Cajal beschriebenen mit dem Nervenfortsatz verbundenen oder unverbundenen Stränge nicht vorhanden, da sie nicht das durch die Tätigkeit der subkapsulären Zellen durchlöcherte Protoplasma, sondern die zu einem dicken Netz verbundenen Verzweigungen eines oder mehrerer Nervenfortsätze darstellen. Es existiert daher auch kein Netz, welches nicht unmittelbar mit einem oder mehreren Nervenfortsätzen verbunden wäre. Die von S. R. y Cajal in den Mischtypen beschriebenen Dendriten müssen nach meinen Beobachtungen als Kollateralen aufgefaßt werden, da sie nicht von der Zelle, sondern von den Nervenfortsätzen entspringen und nichts mit den Fortsätzen zu tun haben, welche gewöhnlich als Dendriten bezeichnet werden.

Bei Besprechung der Funktionen der gefensterten Zellen weist S. R. y Cajal unter anderem darauf hin, daß das Balkennetz nach seiner Meinung den von dem Nervenfortsatz gebildeten Knäuel ersetzt und demselben homolog ist. Infolge dessen

nimmt er an, daß das erwähnte Netz einen Zusammenhang mit den Verzweigungen der in die Spinalganglien eintretenden Nervenfasern herstellen soll, ähnlich dem von ihm und Oloriz beschriebenen periglomerulären Netze.

Es sind nun aber zwischen den Zellen des Typus I, deren Hauptfortsatz am häufigsten den erwähnten Knäuel bildet und außerdem noch nicht selten einige Windungen um die Zelle beschreibt, konstant viele vorhanden, deren Hauptfortsatz, wie oben mitgeteilt wird, keinen Knäuel bildet oder nur 1—2 Windungen ausführt. Dasselbe Verhalten wird auch an vielen Zellen des Typus VI beobachtet, deren Hauptfortsatz fast beständig noch vor seinem Zerfall in Ästchen einige schlingenförmige Windungen beschreibt. Infolge dessen bin ich der Meinung, daß wir vorläufig noch nicht genügende Befunde besitzen, um eine Analogie zwischen dem protoplasmatischen Balkennetz und dem knäuelförmig gewundenen Hauptfortsatz durchzuführen. Was nun schließlich das von S. R. y Cajal erwähnte periglomeruläre Netz anbetrifft, so zweifle ich auf Grund sorgfältigen Studiums meiner Präparate an dem Vorhandensein dieses, sowie des von S. R. y Cajal beschriebenen perisomatischen Netzes. Ich denke, daß der spanische Forscher sich getäuscht hat, indem er den feinen Hauptfortsatz, welcher aus dem in der Bindegewebshülle der Zelle eingeschlossenen Netze entsteht, für eine Faser hält, welche in einem periglomerulären oder perisomatischen Netze endigt. Eine derartige Täuschung kann selbst dem erfahrensten Forscher zustoßen, zumal bei Betrachtung von Spinalganglienpräparaten, welche mit Methylenblau gefärbt sind. So entspringen von den kleinen Zellen des Typus VI gewöhnlich in der Ein- oder Mehrzahl feine Hauptfortsätze, das aus ihren Verzweigungen entstehende Netz besteht gleichfalls aus feinen, häufig stellenweise leicht varikösen Fäden und Ästchen; der aus diesem Netz entstehende Hauptfortsatz erscheint seinerseits ebenfalls in Gestalt einer sehr feinen Faser, welche bisweilen in größerer Ausdehnung marklos bleibt. In derartigen Fällen insbesondere, wenn die Hauptfortsätze vor ihrem Übergange in das Netz schwach oder gar nicht

gefärbt sind, erhält man vollkommen den Eindruck, als trete an die betreffende Zelle eine mehr oder weniger feine marklose Nervenfaser heran, welche nach dem Eintritt in die Zellhülle in eine große Anzahl feinster Ästchen und Fädchen zerfällt, die ein Netz — das periglomeruläre oder perisomatische Geflecht von S. R. y Cajal — bilden.

Die von M. v. Lenhossék (20) in den Spinalganglien des Menschen als multipolare Zellen beschriebenen Zellen stellen offenbar Elemente dar, welche der Varietät b des Zelltypus VI analog sind. M. v. Lenhossék hält mit Recht die in der Zahl von 6—7 von den multipolaren Zellen abgehenden Fortsätze für echte Nervenfortsätze; die von ihm beobachteten Verzweigungen dieser Fortsätze stellen jedoch, nach Ausweis der Fig. 18, nur einen sehr geringen Teil der tatsächlich vorhandenen Verzweigungen dar. Das fernere Schicksal dieser Verzweigungen bleibt für v. Lenhossék unentschieden, da es ihm nicht gelungen ist festzustellen, daß durch Verschmelzung einiger Ästchen des von ihm als subkapsulär bezeichneten Netzes wiederum ein Hauptfortsatz entsteht. Nach den Beobachtungen v. Lenhosséks fehlen die multipolaren Zellen in den Spinalganglien des Pferdes, statt ihrer sollen hier Zellen vorhanden sein, deren Hauptfortsatz sich unter der Kapsel windet und Seitenästchen abgibt; letztere vereinigen sich vermittels Anastomosen mit einander und mit dem Hauptfortsatz und bilden ein Retikulum, das die Zelle nicht umgibt, sondern sich an einem Zellpole lagert. Diese Beobachtungen entsprechen, wie ein Vergleich mit den von mir beschriebenen Zellen des Typus VI ergibt, nicht vollkommen dem tatsächlichen Verhalten. Die durch v. Lenhossék beschriebenen multipolaren Zellen sind im Gegenteil in den Spinalganglien des Pferdes in großer Zahl vorhanden; auf Schnitten durch nach dem Verfahren von S. R. y Cajal behandelte Ganglien ist es nicht möglich sich eine klare und vollkommene Vorstellung von den Zellen des VI und vieler anderer Typen zu machen. Die diesen Zellen von Lenhossék gegebene Bezeichnung „multipolare Zellen“ ist meiner Meinung

nach nicht entsprechend, da, nach meinen Beobachtungen diesem Typus auch unipolare Zellen angehören und da aus dem Netz, welches von den Verzweigungen mehrerer Nervenfortsätze gebildet wird, schließlich doch ein Fortsatz hervorgeht.

Typus VII. Zu den seltensten oder möglicherweise zu den am schwersten färbbaren Zellen in den Spinalganglien des Menschen und der von mir untersuchten Tiere gehören diejenigen, welche ich dem Zelltypus VII zurechne (Fig. 53). Sie haben vieles mit den Zellen des Typus VI gemein, weisen jedoch, meiner Ansicht nach, einige Besonderheiten auf, welche sie von diesen unterscheiden. Sie gehören zu den kleinen, in seltenen Fällen zu den mittelgroßen Zellen der Spinalganglien, und werden, wie bereits angegeben, sehr selten angetroffen oder nehmen in jedem Falle das Methylenblau schwerer an, als sämtliche übrigen Zellen, wodurch es sich erklärt, daß dieselben nur in wenigen Präparaten angetroffen werden. Gewöhnlich sind sie von ovaler Form und an einer Seite mehr oder weniger abgeplattet. Von dieser komprimierten Oberfläche der Zelle entspringen 3—4 recht dicke Fortsätze, welche zum Unterschied von den Nerven- oder Hauptfortsätzen, im Anfangsteil nicht kegelförmig verdickt erscheinen und alle, wie Fig. 53 zeigt, nach der gleichen Richtung verlaufen. Jeder Fortsatz gibt in der Nähe der Zelle, nicht selten fast an seiner Basis, einen oder zwei recht dicke Äste ab, und zerfällt darauf nach einer schwach bogenförmigen Windung in mehrere (2—3) dicke Äste. Letztere überkreuzen sich in verschiedener Weise und verlaufen teils in schräger Richtung, teils fast senkrecht zur abgeplatteten Zelloberfläche, teils in bogenförmigen Windungen, wobei die Bogen entweder schräg oder parallel zur Zelloberfläche angeordnet sind. Die Teiläste eines Fortsatzes vereinigen sich nach einem kürzeren oder längeren Verlauf mit den Teilästen eines anderen Fortsatzes und geben in ihrem Verlauf eine Anzahl Äste ab, die dasselbe Verhalten aufweisen usw. Infolge dieses allmählichen Zerfalls der Fortsätze in zahlreiche Äste sowie deren Verhalten zu einander, entsteht schließlich ein Netz; die Schlingen desselben

sind mit einander durchflochten, verschieden groß und in der Regel oval oder kreisförmig, wobei sie nicht um die Zelle herum angeordnet, auch nicht in der Nähe der abgeplatteten Zelloberfläche angehäuft, sondern in einer Richtung stark ausgezogen sind. Die Gesamtmasse der zu einem Netz verbundenen Verzweigungen der Zellfortsätze haben, wie aus Fig. 53 ersichtlich, die Gestalt eines breiten und recht langen Kegels, dessen Basis die komprimierte Zelloberfläche darstellt, während der Gipfel weitab von der Basis gelegen ist.

Die den Gipfel dieses kegelförmig ausgezogenen Netzes bildenden Schlingen geben in der Regel kurze und verhältnismäßig dicke Fortsätze ab; von den äußersten Netzschlingen des Gipfels gehen im Gegenteil lange und meistenteils dünne Ästchen ab. Letztere winden sich, verlaufen zur Basis des Netzes, wobei einige derselben sich sogar weiter herabsenken und längs den Seiten des Zellkörpers hinziehen.

Beide Arten von Ästchen — die langen und die kurzen — teilen sich in ihrem Verlauf nicht selten und verschmelzen darauf allmählich (mit Ausnahme einiger langer Ästchen) in zwei oder drei mehr oder weniger dicke Äste, wobei die langen Äste ein Netz mit breiten, unregelmäßigen Maschen bilden; die Schlingen dieses Netzes sind, soweit ich habe feststellen können, an der Gesamtperipherie des kegelförmigen Netzes, welches von den dicken Ästen gebildet wird, angeordnet und umgeben dasselbe gleichsam allseitig. Die aus der allmählichen Verschmelzung langer und kurzer Ästchen hervorgegangenen 2—3 Äste vereinigen sich an dem Gipfel des kegelförmigen Netzes ihrerseits zu einer dicken Faser, welche an der Peripherie dieses Netzes zur Basis desselben hinzieht. Auf dieser Strecke gesellen sich zu dieser Faser in der Mehrzahl der Fälle noch 2—3 lange Ästchen, welche, wie bereits erwähnt, anfangs an seiner Bildung nicht teilgenommen haben, worauf die erwähnte Faser aus der bindegewebigen Zellhülle heraustritt und nun den Hauptfortsatz darstellt, welcher sich früher oder später unter einem spitzen oder mehr oder weniger rechten Winkel in einen peripheren und einen zen-

tralen Ast spaltet, wobei er nicht selten auf seiner letzten Strecke sich mit einer Markscheide umgibt. Bei den Zellen des Typus VII wird also der Hauptfortsatz, analog den Zellen des Typus VI aus Ästchen eines Netzes gebildet, welches durch allmähliche Teilung der unmittelbar vom Zellkörper abgehenden Fortsätze entsteht.

Es fragt sich nun, welcher Art diese Fortsätze sind, sind sie wie bei den Zellen des Typus VI als Hauptfortsätze oder als Dendriten anzusehen, und wodurch unterscheiden sich die Zellen dieses Typus von denen des VI? Behufs Entscheidung dieser Frage ist es erforderlich, sich mit dem Charakter dieser Fortsätze und ihrer Verzweigungen bekannt zu machen. Zunächst läßt sich feststellen, daß sie im Vergleich mit den Fortsätzen der Zellen des Typus VI sehr dick sind, stets vom abgeplatteten Teil des Zellkörpers entspringen und in ihrem Anfangsteil nicht kegelförmig verdickt sind. Zweitens erscheinen diese Fortsätze nicht glatt, sie sind im Gegenteil stellenweise mehr oder weniger eingeschnürt und mit kleinen Höckern (Dornen) besetzt. Die Teilung einiger dieser Fortsätze erfolgt drittens häufig fast an ihrem Ursprunge von der Zelle; sie erscheinen, wie auch der Zellkörper (Protoplasma), an Methylenblaupräparaten körnig, wobei zwischen den Körnern hier und da Neurofibrillen hervortreten. Ein gleiches Verhalten weisen auch die Äste dieser Fortsätze auf: die Mehrzahl derselben erlangt eine beträchtliche Dicke, einige sind sogar dicker als die Fortsätze selbst; an den Teilungsstellen bilden sie große, rundliche, spindelförmige, dreieckige oder unregelmäßig-vieleckige Anschwellungen und Verbreiterungen, erscheinen gewöhnlich körnig, gleichwie die Fortsätze und das Zellprotoplasma. Nur in dem oberen Abschnitt des von den Verzweigungen der Fortsätze gebildeten Netzkegels treten in den Ästen dieses Netzes, besonders in den dickeren, deutlich Neurofibrillen hervor, welche einander mehr oder weniger parallel verlaufen, teilweise einander überkreuzen und in den Anschwellungen und Verbreiterungen offenbar sich teilen und ein Netz bilden. In den oben beschriebenen langen Ästchen, sowie in den Ästen,

aus denen unmittelbar der Hauptfortsatz entsteht, sowie endlich in letzterem selbst sind ebenfalls äußerst deutlich und klar Neurofibrillen und perifibrilläre Substanz sichtbar. Zu dem Gesagten muß ich endlich noch hinzufügen, daß es mir niemals gelungen ist, Kollateralen wahrzunehmen, welche von den Zellfortsätzen, deren Verzweigungen das Netz bilden, abgingen, wie sie an den Zellen des III, IV und anderer Typen beobachtet werden. Diese Beobachtungen zwingen mich zur Annahme, daß die Fortsätze der Zellen des Typus VII als eigenartige Dendriten angesehen werden müssen.

Die Zellen des Typus VII unterscheiden sich ungeachtet einer gewissen Ähnlichkeit nichts destoweniger, wie soeben berichtet worden ist, von den Zellen des vorhergehenden Typus durch einige Eigentümlichkeiten, was mich veranlaßte, sie als einen besonderen Zelltypus zu unterscheiden.

Typus VIII. Zu Typus VIII gehören unipolare Zellen, deren Hauptfortsatz sich in gewöhnlicher Weise in einen zentralen und einen peripheren Ast teilt, wobei letzterer sich in zahlreiche Fasern verzweigt, die im Bereich des Ganglion und der hinteren Wurzeln endigen. In dieser Hinsicht haben sie, wie weiter unten ersichtlich sein wird, vieles gemein mit denjenigen multipolaren Zellen, von denen dendritenähnliche Fortsätze abgehen (Fig. 54, 55 und 56).

Ihrer Größe nach gehören die Zellen dieses Typus zu den großen und mittleren Elementen und liegen am häufigsten mit den Zellen des Typus XI an der Peripherie der Spinalganglien, an den Polen derselben oder in der Nähe der letzteren in dem Bindegewebe, welches die Nervenstämmchen, aus denen die hinteren Wurzeln entstehen, zusammenhält.

Außerdem werden jedoch diese Zellen nicht selten auch weitab von den Ganglienpolen, zwischen den Nervenstämmchen und sogar in denselben, bald als einzelne Zellen, bald in kleinen Gruppen mit Zellen anderer Typen angetroffen.

Von einer jeden derartigen Zelle entspringt ein mehr oder

weniger dicker Fortsatz, welcher in der Bindegewebshülle der Zelle eine oder mehrere bogenförmige Windungen beschreibt, darauf aus der Hülle heraustritt und in einiger, gewöhnlich naher Entfernung von der Zelle, sich gabelförmig in zwei Äste teilt. Letztere sind entweder annähernd gleich dick, oder einer derselben erscheint dicker. Nach dem Austritt aus der Zellhülle, umgibt sich der Hauptfortsatz bisweilen mit einer Markhülle, bleibt jedoch häufiger als marklose Faser; seine Teiläste sind ebenfalls entweder bald von einer Markscheide umgeben oder sie entbehren derselben auf einer mehr oder weniger großen Strecke.

Einer der Äste, gewöhnlich der dickere (Fig. 54, 55, 56) verläuft, nachdem er früher oder später eine Markscheide erhalten, zwischen den Spinalganglienzellen, windet sich hierbei mannigfach, gesellt sich häufig zu den Hauptfortsätzen der Zellen anderer Typen und ist mit denselben bisweilen in dem Ganglion weithin bis zu dem Eintritt in ein Nervenfaserbündel zu verfolgen. Während seines Verlaufes teilt sich dieser Ast, soviel ich sehe, nicht; welches jedoch sein weiteres Schicksal ist, läßt sich schwer sagen. Ich glaube, daß er als Analogon des durch T- oder Y-förmige Teilung des Hauptfortsatzes der oben beschriebenen unipolaren und bipolaren Spinalganglienzellen entstandenen zentralen Astes angesehen werden muß. Zu Gunsten dieser Annahme sprechen auch, wie weiter unten berichtet werden soll, die charakteristischen Besonderheiten des anderen Astes der Zellen dieses Typus.

Der zweite Ast ist bald von einer Markscheide umgeben, bald entbehrt er derselben, verläuft eine verschieden lange Strecke, worauf er zum Unterschiede von dem ersten Aste sich unter einem spitzen Winkel allmählich oder auf einmal in 2—3 gleiche Teiläste spaltet. Im Falle der betreffende Ast bis zu seiner Teilungsstelle marklos war, sind auch seine Teiläste eine Strecke weit marklos, verwandeln sich jedoch alle früher oder später in markhaltige Fasern.

Diese markhaltigen Teiläste des zweiten Astes verlaufen im

einfachsten Falle in einiger Entfernung von einander, oder ziehen nach verschiedenen Richtungen auseinander, wobei sie sich mannigfach winden. Einige derselben erstrecken sich ins Innere des Ganglions, andere in dessen Hülle oder in das die Nervenstämmchen der hinteren Wurzeln zusammenhaltende Bindegewebe, oder sie dringen schließlich in diese Stämmchen selbst ein. In allen diesen Teilen der Ganglien können die betreffenden Verzweigungen der Zellen des Typus VIII nicht selten auf sehr große Entfernungen verfolgt werden. Bei der Verfolgung des Verlaufs dieser Fasern gelingt es nicht selten wahrzunehmen, daß eine derselben bisweilen nach Verlauf einer beträchtlichen Strecke schließlich ihre Markscheide verliert, darauf sofort in einige mehr oder weniger lange Fädchen zerfällt, welche sich häufig abermals in 2—3 kurze Fädchen teilen und in verschieden großen Plättchen und Anschwellungen oder in baumförmigen Verzweigungen endigen (Fig. 54, 55, 56). In gewissen Fällen durchläuft eine Faser nach Verlust der Markscheide eine beträchtliche Strecke in Gestalt einer mehr oder weniger dicken, marklosen Faser und endigt in einer Anschwellung oder einem Plättchen. Die Endplättchen sind gewöhnlich eckig, blattförmig, nicht selten in die Länge ausgezogen und verschiedenartig gebogen; ihre Ränder sind ausgeschnitten, festonniert, wobei von den Rändern vieler Plättchen feine, kurze Fädchen abgehen, welche in ebensolchen Plättchen endigen. Die Anschwellungen erscheinen als keulenförmige oder birnförmige Gebilde. Die größeren Anschwellungen und Plättchen, bisweilen auch eine Gruppe der letzteren sind, so viel ich habe wahrnehmen können, von mehreren sehr dünnen, konzentrisch angeordneten Bindegewebskapseln umgeben.

Bei den komplizierteren Zellformen des Typus VIII teilen sich die aus der Spaltung des zweiten Astes hervorgegangenen markhaltigen Fasern, indem sie nach verschiedenen Richtungen auseinanderweichen, gleichzeitig unter verschiedenen Winkeln an den Ranvier'schen Schnürringen in 2—3 ebenfalls markhaltige Ästchen. Diese verlaufen in den interzellulären Bindegewebszügen, winden sich mannigfach, teilen sich in gleiche Ästchen,

die sich nicht selten miteinander verflechten oder eine Strecke weit zusammen in Bündeln angeordnet ziehen, wobei sie sich abermals in gleiche Ästchen spalten. Alle diese Ästchen sind je nach ihrer Dicke von einer verschieden mächtigen Markhülle umgeben: der letzteren liegen stellenweise von außen beträchtlich große ovale Kerne an, welche den Neurilemmzellen angehören. Es ist bemerkenswert, daß viele dieser Ästchen auf einer größeren oder geringeren Strecke ihres Verlaufs die Markscheide verlieren, darauf jedoch dieselbe wieder erhalten, was sich bei längeren Ästchen mehrmals wiederholt. Von diesen Ästchen sondern sich außerdem an einem Ranvier'schen Schnürringe ein oder zwei mehr oder weniger lange marklose Fädchen ab, auf denen stellenweise kleine variköse Anschwellungen zu erkennen sind.

In betreff des weiteren Schicksals sämtlicher Verzweigungen des zweiten Astes dieses Zelltypus läßt sich feststellen, daß einige derselben in das zugehörige Ganglion sich erstrecken, andere in die Bindegewebszüge zwischen den Nervenstämmen der hinteren Wurzeln und in die Stämmchen selbst hineindringen, während wieder andere in die Hülle der Ganglien eintreten. Diese Ästchen sind verschieden. meistenteils beträchtlich lang und endigen dementsprechend in einer mehr oder weniger weiten Entfernung von der zugehörigen Spinalganglienzelle. In ihrem Verlauf verwandeln sich manche dieser Ästchen nach Verlust der Markscheide in verhältnismäßig dünne, häufig stellenweise leicht verdickte Fäden. Letztere winden sich in stärkerem oder schwächerem Maße, zerfallen allmählich in mehrere gleiche Fäden und endigen darauf in den oben beschriebenen verschieden großen und mannigfach gestalteten Anschwellungen, Plättchen und baumförmigen Verzweigungen. Es muß noch hinzugefügt werden, daß in verschiedenen Apparaten nicht nur verschiedene aus der Teilung des zweiten Astes der betreffenden Zelle hervorgegangene Fasern, sondern auch die Verzweigungen einer und derselben Faser endigen.

In Berücksichtigung des über die Zellen des Typus VIII Mitgeteilten scheint es mir, daß dieselben denjenigen unipolaren

Zellen zugezählt werden müssen, deren Hauptfortsatz sich in einen zentralen und einen peripheren Ast spaltet; letzterer jedoch verläuft nicht zur Peripherie, wie die entsprechenden Äste der Mehrzahl der Spinalganglienzellentypen, sondern zerfällt an Ort und Stelle in dem Ganglion in zahlreiche Fasern. Diese letzteren endigen darauf in verschiedenartigen Apparaten in dem bindegewebigen Gerüst des Ganglions, in dessen Hülle, in dem die Nervenstämmchen der hinteren Wurzeln vereinigenden Bindegewebe und schließlich in diesen Nervenstämmchen selber. In dieser Beziehung stehen diese Zellen, wie weiter unten ersichtlich sein wird, den multipolaren Spinalganglienzellen mit dendritenähnlichen Fortsätzen nahe.

Die Zellen des Typus VIII sind bereits recht genau von mir in meiner ersten Abhandlung (10) über die Spinalganglienzellen als Typus II beschrieben und abgebildet worden. Einige Mängel des von mir damals angewandten Untersuchungsverfahrens verhinderten mich, bei diesen Zellen das Vorhandensein eines zentralen Astes festzustellen. In meiner zweiten Abhandlung (11) habe ich bereits eine vollkommen richtige Beschreibung dieser Zellen in dem Plexus nodosus n. vagi des Menschen und der Säuger gegeben.

Typus IX. Zu diesem Typus rechne ich bipolare Zellen, auf deren Vorhandensein in den Spinalganglien der erwachsenen Säuger und des Menschen bereits von mir und S. R. y Cajal hingewiesen worden ist, weshalb ich mich nicht mit einer genauen Beschreibung derselben aufhalten werde. Bei den von mir untersuchten Tieren und beim Menschen werden sie selten angetroffen; sie sind von mittlerer Größe.

Die bipolaren Zellen (Fig. 57 und 58) haben gewöhnlich eine ovale oder rundliche Gestalt, wobei von den Polen jeder Zelle oder wie, S. R. y Cajal mit Recht bemerkt, von einer ihrer Flächen, je ein Fortsatz abgeht. Beide Fortsätze beginnen an der Zelle mit einer kegelförmigen Anschwellung, beschreiben eine oder mehrere Windungen und verlaufen darauf nach einer

oder nach verschiedenen Richtungen. Einer der Fortsätze und zwar der periphere, erscheint häufig, jedoch bei weitem nicht immer, dicker; der andere, zentrale ist im Gegenteil dünner und bisweilen mit mehreren varikösen Anschwellungen versehen. Am häufigsten ist jedoch der Dickenunterschied zwischen beiden Fortsätzen dermaßen unbedeutend, daß sie in dieser Hinsicht schwer von einander unterschieden werden können; in einigen Fällen sind beide vollkommen gleich dick. Dieses Verhalten stellt, wie aus dem oben Mitgeteilten ersichtlich, nichts besonderes dar, da bei sämtlichen Typen der Spinalganglienzellen nicht selten Zellen angetroffen werden, deren Hauptfortsatz sich in einen peripheren und zentralen Ast von gleicher Dicke teilt.

In vielen Fällen beschreiben beide Fortsätze, der periphere und der zentrale dieser Zellen, nach ihrem Ursprunge von der Zelle zunächst in der Bindegewebshülle einige schlingenförmige Windungen, wobei jeder Fortsatz sich auf einer bestimmten Strecke seines Verlaufes mit einer dicken Markhülle umgibt, worauf beide Fortsätze nach Verlust der Markscheide die Bindegewebshülle verlassen (Fig. 58). Im weiteren erhalten sie früher oder später abermals eine Markscheide oder verlaufen zunächst eine recht beträchtliche Strecke in Gestalt markloser Fasern.

Das Vorhandensein von bipolaren Zellen in den Ganglien weist darauf hin, daß einige Spinalganglienzellen bei erwachsenen Tieren ihren ursprünglichen, embryonalen Charakter bewahren.

Ich gehe nun zu der Beschreibung der interessantesten Zelltypen, den multipolaren Zellen, über. Zuerst wurden dieselben von Disse (8) in den Spinalganglien vom Frosch beschrieben, darauf wurden sie von Lenhossék (19), S. R. y Cajal (2) und A. Spirlas (34) bei Säugetierembryonen und von E. Holmgren (17) bei Fischen gefunden. Bald darauf wies ich (10 und 11) auf das Vorhandensein multipolarer Zellen bei einigen erwachsenen Säugern und beim Menschen hin, in deren Spinalganglien ich mehrere Varietäten dieser Zellen angetroffen hatte. Nach meinen Beobachtungen entspringen von jeder multipolaren Zelle 6—12 und mehr Fortsätze, welche die Kapsel durchbohren,

nach verschiedenen Richtungen auseinanderziehen, sich augenscheinlich mit einer Markscheide umgeben und an den Ranvierschen Schnürringen sich mehrfach teilen. Ob diese Zellen außerdem noch einen Hauptfortsatz besitzen und wie das weitere Schicksal ihrer verzweigten Fortsätze ist, habe ich damals nicht klarstellen können; ich hatte nur die Vermutung ausgesprochen, daß sämtliche verzweigte Fortsätze nicht aus dem Bereich der Ganglien heraustreten. Außerdem habe ich bereits in meiner ersten Arbeit (10) die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, daß in den Spinalganglien der Säuger Zellen angetroffen werden, von denen ich damals folgendes aussagte: „Dabei gehen vom Zellleibe 1—5 verschieden lange, rundliche oder keulenförmige Sprossen ab, aus welchem Grunde die Ganglienzellen ein sehr eigentümliches Aussehen erhalten.“ In derselben Arbeit erwähnte ich ferner unipolare Zellen, deren Hauptfortsatz zunächst nicht von einer Markscheide umgeben ist, darauf aber dieselbe erhält und sich in mehrere markhaltige Fasern teilt. Über das weitere Schicksal der letzteren schreibe ich folgendermaßen: „Letztere winden sich zwischen den Zellen des betreffenden Ganglions hin und . . . . . enden mit keulenförmigen, runden oder unregelmäßig geformten Verdickungen.“ In betreff der Zellen der ersten Art sprach ich die Vermutung aus, „daß die erwähnten Zellen junge, noch nicht vollkommen entwickelte Ganglienzellen sind“, in betreff der Zellen der zweiten Art erwähnte ich: „Solche, Endapparaten gleichende Gebilde fand Dr. Tepljaschin bei Durchschnitten der Nervenfasern von der Retina an den zentralen Enden der durchschnittenen Fasern und müssen, wie Arnstein, ganz richtig voraussetzt, als sogen. „Wachstumskolben“ angesehen werden.“

Vor genau zehn Jahren habe ich somit bereits den Gedanken ausgesprochen, daß in den normalen Spinalganglien der Säuger Zellen mit noch im Wachsen begriffenen Fortsätzen angetroffen werden.

In seiner letzten Arbeit schreibt S. R. y Cajal (6) bei der Schilderung der multipolaren Zellen, daß für dieselben das Vorhandensein kurzer und dicker Dendriten charakteristisch sei, welche unterhalb der Zellkapsel in keulenförmigen Anschwel-

lungen endigen, während der Hauptfortsatz sich durchaus nicht von dem gleichen Fortsatze der Zellen anderer Typen unterscheide. Zellformen, die denjenigen meines zweiten Typus entsprechen, hat S. R. y Cajal auf seinen Präparaten nicht angetroffen und spricht die Vermutung aus, daß aller Wahrscheinlichkeit nach ich irrtümlich für verzweigte Hauptfortsätze dieser Zellen Endverzweigungen sympathischer oder irgendwelcher anderer, in die Spinalganglien eintretender Fasern gehalten habe.

Levi (22) beschreibt in den Spinalganglien der Chelonier multipolare Zellen mit kurzen und dicken Fortsätzen, welche nicht selten in sehr großen keulenförmigen Anschwellungen endigen. Er hält diese Fortsätze für echte Dendriten. Bei den Selachiern sind nach den Beobachtungen von Levi (23) in den Spinalganglien ebenfalls Zellen vorhanden, von denen an verschiedenen Stellen häufig recht dicke Fortsätze abgehen. Sie treten unter der Kapsel hervor, verzweigen sich in einigen Fällen und endigen darauf in Anschwellungen.

Lenhossék (20) fand, wie ich es bereits in der kurzen Literaturübersicht am Anfange vorliegender Abhandlung erwähnt habe, in den Spinalganglien des Menschen besondere multipolare Zellen mit vielen verschieden dicken Fortsätzen, welche miteinander anastomosieren und auf diese Weise unter der Kapsel endigen.

Nageotte (27) fand schließlich bei der Untersuchung transplantierter Spinalganglien des Kaninchens in denselben zweierlei Arten multipolarer Zellen: erstens Zellen mit kurzen, gelappten Fortsätzen und zweitens Zellen mit langen, verzweigten Fortsätzen, welche in keulenförmigen Anschwellungen und Schlingen endigen. Seiner Ansicht nach entstehen die multipolaren Zellen aus unipolaren und ihre Fortsätze stellen nichts anderes als sich regenerierende Fasern dar.

Das ist in kurzen Zügen die Geschichte der multipolaren Ganglienzellen. Jetzt bin ich, wie es mir scheint, in der Lage, die Frage über die multipolaren Zellen zu fördern und gleichzeitig einige meiner früheren Befunde hinsichtlich dieser eigenartigen Zellen zu bestätigen und zu vervollständigen.

Typus X. Zu diesem Typus gehören multipolare Zellen, mit Dendriten, welche nicht aus dem Bereich der Bindegewebskapsel der Zelle heraustreten, und einem Nervenfortsatze (Fig. 59, 60, 61). Sämtliche hierher gehörige Zellen sind auf meinen Präparaten von geringer Größe, von unregelmäßig ovaler oder rundlicher Form und in den Ganglien der von mir untersuchten Tiere und des Menschen, wie es scheint, in geringer Zahl vorhanden.

Die Dendriten entspringen an verschiedenen Stellen der Zelle mit einer kegelförmigen Anschwellung in der Zahl von 1—2; sie färben sich verhältnismäßig schwer mit Methylenblau, weshalb sie nur an wenigen Zellen dieses Typus deutlich sichtbar sind; das Protoplasma der Zelle im Gegenteil färbt sich ebenso leicht, wie in den Zellen anderer Typen. Jeder Dendrit teilt sich in einer gewöhnlich geringen Entfernung von der Zelle nach mehr oder weniger starken Windungen in zwei Äste, welche in der Regel sich nach verschiedenen Richtungen erstrecken, wobei sie unter mannigfachen Windungen oder nur leicht bogenförmig gewellt eine beträchtliche Strecke durchlaufen und darauf in ovalen, birnförmigen und unregelmäßigen, mehr oder weniger abgeplatteten Anschwellungen endigen. Bisweilen teilt sich jeder dieser Äste seinerseits in mehrere kurze und dicke Äste. Nicht selten verflechten sich die von einer Zelle abgehenden, in der Bindegewebshülle gelagerten Dendriten so miteinander, wie der aus dem Bauchraum herausgenommene Darm; sie umkreisen, soviel ich habe wahrnehmen können, nicht den Zellleib, sondern häufen sich bloß an irgend einer Seite desselben an. Bisweilen entspringt von dem Anfangsteil eines Dendriten ein kurzer Sproß, dessen Ende mehr oder weniger verdickt erscheint.

Außer den beschriebenen Zellen mit langen Dendriten werden auch Zellen desselben Typus angetroffen, von denen ein oder zwei kurze und dicke Dendriten abgehen. Letztere verzweigen sich nicht und stellen sich als kurze Sprossen dar, die in keulenförmigen oder kugelförmigen Verdickungen endigen. Diese Dendriten gleichen vollkommen den Sprossen, welche von

bestimmten Zellen in den Spinalganglien der Katze, wie sie von mir beschrieben worden sind (10), abgehen. Die Zellen mit kurzen Dendriten gehören den kleinsten dieses Typus an.

Sowohl die Dendriten, als auch ihre Teiläste erscheinen dick, stellenweise stark angeschwollen und körnig; nur in seltenen Fällen gelingt es, in ihnen auf Methylenblaupräparaten Neurofibrillen wahrzunehmen.

Der Nervenfortsatz dieser Zellen entspringt von der Zelle gesondert von den Dendriten, nicht selten mit einer großen kegelförmigen Verdickung, verdünnt sich darauf und verwandelt sich in eine verhältnismäßig dünne Faser, die in ihrem Verlauf zwischen den Verzweigungen der Dendriten einige schlingenförmige Windungen beschreibt, bisweilen sogar ein- oder zweimal die Zellen umkreist und schließlich die Bindegewebshülle verläßt. Der Fortsatz besitzt nach meinen Beobachtungen, so weit er verfolgt werden kann, sowohl inner- als auch außerhalb der Hülle keine Markscheide.

Den Zellen dieses Typus muß augenscheinlich noch eine Varietät zugerechnet werden, welche leider dermaßen selten angetroffen wird, daß es mir bisher nicht gelungen ist, ihr Verhalten vollkommen klarzustellen. Diese Zellen sind ebenfalls von geringer Größe; die Verzweigungen ihrer Dendriten winden sich, durchflechten sich untereinander in der verschiedensten Weise und bilden augenscheinlich im allgemeinen eine große, in der Bindegewebshülle gelegene Anhäufung. Von der Zelle geht außer den Dendriten ein Nervenfortsatz ab, welcher mit einer kegelförmigen Anschwellung beginnt und darauf allmählich in eine dünne marklose Faser übergeht; letztere beschreibt in der Bindegewebshülle zahlreiche schlingenförmige Windungen zwischen den Verzweigungen der Dendriten, verläßt darauf die Hülle, wobei sie noch eine Strecke weit außerhalb derselben verfolgt werden kann. Außerdem besitzen jedoch diese Zellen noch einen zweiten, dickeren Nervenfortsatz, welcher zwischen den Verzweigungen der Dendriten eine weit größere Anzahl schlingenförmiger Windungen beschreibt als der erstere, gleichfalls marklos ist und

nach seinem Austritt aus der Bindegewebshülle nicht selten in einiger Entfernung von der Zelle sichtbar ist. Ob dieser dickere Nervenfortsatz unmittelbar von der Zelle oder von einem Dendriten entspringt, kann ich nicht entscheiden, da der Anfangsteil derselben auf meinen Präparaten ungefärbt geblieben war; ebenso läßt sich nichts über die Anzahl der Dendriten aussagen, da sie bei diesen eigenartigen Zellen sehr schwach gefärbt erscheinen.

Zwischen den Zellen des Typus X und den von S. R. y Cajal beschriebenen multipolaren Zellen besteht somit, wie aus dem Mitgeteilten hervorgeht, ein Unterschied, welcher teilweise dadurch erklärt werden kann, daß auf dünnen Schnitten ein Teil der Dendriten wahrscheinlich abgeschnitten und daher der Beobachtung entgangen war.

Die Zellen des soeben beschriebenen Typus nehmen, wie es mir scheint, unter den übrigen Zellformen eine Sonderstellung ein. Es handelt sich meiner Meinung nach um junge, im Wachstum begriffene Elemente, welche als Ersatz für alternde bezw. absterbende Zellen der verschiedenen beständigen Typen dienen. Die in den Ganglien und hinteren Wurzeln vorkommenden, in sog. Wachstumskolben und -kugeln auslaufenden Fasern sind als wachsende Nervenfortsätze gerade dieser Zellen zu deuten. Zu gunsten dieser Ansicht sprechen einige, weiter unten angeführte, beachtenswerte Betrachtungen. Ihre von mir als Dendriten bezeichneten Fortsätze stellen möglicherweise nichts anderes dar als teilweise noch auswachsende Nervenfortsätze, aus denen durch weitere Verzweigungen und durch Verschmelzung mit dem Hauptfortsatz die verschiedenen Varietäten der Zellen des Typus V, VI und IX entstehen.

Typus XI. Die Zellen des Typus XI haben so auffallende Eigentümlichkeiten, daß sie in eine besondere Gruppe ausgeschieden werden müssen, sowohl hinsichtlich der anderen Zellen in den Spinalganglien, als auch im allgemeinen hinsichtlich aller bisher bekannten Nervenzellen.

Dieselben sind in der Mehrzahl der Fälle unregelmäßig eckig, gehören den großen und mittleren Zellen an. Von jeder

Zelle dieses Typus entspringen mehrere Fortsätze, von denen einer vollkommen den Charakter eines Haupt- oder Nervenfortsatzes aufweist; alle übrigen Fortsätze sind jedoch dermaßen eigenartig, daß dieselben, wie aus dem weiter unten Mitgeteilten ersichtlich ist, nicht den Dendriten gleichgestellt werden können. Sie treten aus der Kapsel und der Bindegewebshülle der zugehörigen Zelle heraus, erhalten größtenteils den Charakter von markhaltigen Fasern, teilen sich während ihres Verlaufes in dem bindegewebigen Gerüst der Ganglien mehrfach und endigen in letzterem in besonderen teils eingekapselten, teils uneingekapselten Apparaten. Zum Unterschiede von echten Dendriten habe ich diese Fortsätze als dendritenähnliche Fortsätze benannt. Zu den Besonderheiten der Zellen dieses Typus gehört auch der Umstand, daß sich dieselben, soviel ich habe wahrnehmen können, an den Polen der Ganglien und an der Peripherie derselben, d. h. unmittelbar unter der Hülle der Ganglien lagern, wobei sie bald einzeln, bald (und zwar häufiger) gruppenweise auftreten; einige derselben werden außerdem als einzelne Zellen zerstreut, sowohl in den Nervenstämmchen, als auch im Bindegewebe zwischen ihnen in der Nähe der Ganglien angetroffen (Fig. 62, 63, 64, 65, 66 A und B).

Diese Zellen weisen nach meinen Beobachtungen drei Varietäten auf, welche ich nunmehr genauer beschreiben will.

a) Die Zellen der Varietät a (Fig. 62 und 63) haben eine eiförmige, birnförmige, eckige Gestalt, und gehören, wie bereits erwähnt, zu den ganz großen oder mittelgroßen Elementen; ihrem Bau nach unterscheiden sie sich in nichts wesentlichem von den übrigen Zelltypen; als einzige Besonderheit derselben wäre hervorzuheben, daß die gelben, orangefarbenen, bisweilen auch braunroten Pigmentkörner sich in größeren oder geringeren Mengen nicht nur an der Abgangsstelle des Nerven- oder Hauptfortsatzes, sondern auch an den Ursprungsstellen der dendritenähn-

lichen Fortsätze anhäufen. Es ist jedoch hervorzuheben, daß auch hier Zellen angetroffen werden, bei denen das Pigment nur an der Abgangsstelle des Nervenfortsatzes angehäuft erscheint.

Von einem Pol der Zellen dieser Varietät entspringt gewöhnlich ein recht dicker Nervenfortsatz, welcher mit einer kegelförmigen Anschwellung beginnt, darauf die Zellkapsel verläßt und in seltenen Fällen alsdann eine schlingenförmige Windung beschreibt; nach dem Durchtritt durch die Bindegewebshülle der Zelle erhält er früher oder später eine Markscheide, worauf er als Faser weiterzieht, die sich durchaus nicht von dem Hauptfortsatz der Zellen vieler anderer Typen unterscheidet. Ungeachtet dessen, daß ich nicht selten Gelegenheit hatte den Nervenfortsatz auf weite Entfernung von der Zelle zu verfolgen, habe ich dennoch nicht feststellen können, ob er schließlich in zwei Äste, einen peripheren und einen zentralen zerfällt oder nicht.

Die dendritenähnlichen Fortsätze entspringen je nachdem, ob die Zelle birnförmig, oval oder eckig ist in der Zahl von 2 oder 3 von einem Pol, oder in der Einzahl von den Zellpolen; sie erscheinen als mehr oder weniger dünne Fasern mit stellenweisen kleinen Verdickungen. Diese Fortsätze durchdringen die Kapsel und die Bindegewebshülle der zugehörigen Zellen und teilen sich in einiger, gewöhnlich geringer Entfernung von der Zelle unter verschiedenen, gewöhnlich spitzen Winkeln in 2—3 verschieden dicke Ästchen. Letztere ziehen nach verschiedenen Richtungen, verlaufen eine bald längere, bald kürzere Strecke gewöhnlich in den Bindegewebssepten zwischen den Ganglienzellen. Auf diesem Wege geben sie kurze und sehr feine Seitenästchen ab, winden sich in verschiedenem Maße zwischen den Ganglienzellen und endigen, gleich ihren sämtlichen Verzweigungen in verschieden gestalteten und verschieden großen Plättchen und Anschwellungen. Nicht selten zerfällt ein Teilästchen dieser Fortsätze nicht weit von seinem Ende in 2—3 Ästchen, welche sich allmählich abermals in ein Bündel von Ästchen und Fäden teilen, welche in ebensolchen Plättchen und Anschwellungen endigen. Die Endplättchen haben in der Mehrzahl der Fälle eine rundliche,

ovale, spindelförmige oder unregelmäßig eckige Form und ausgezackte Ränder, ähneln Blättern verschiedener Pflanzen und erscheinen mehr oder weniger gekrümmt.

Von den Rändern eines Plättchens sondern sich häufig ein oder mehrere feine Fädchen ab, die in der Nähe derselben in sekundären Plättchen endigen; von diesen entspringen wiederum kurze Fädchen, welche in Plättchen dritter Ordnung endigen. Einige Endplättchen erreichen eine beträchtliche Größe, andere wiederum sind klein; in vielen Fällen stellen sie sich als äußerst kleine Gebilde dar. Die Endanschwellungen sind kugelförmig, oval, birnförmig oder unregelmäßig eckig; ihre Größe ist sehr wechselnd; neben großen Anschwellungen werden kleine, knopfförmige angetroffen.

Sowohl die Plättchen als auch die Anschwellungen sind, soviel ich habe wahrnehmen können, gewöhnlich von recht dicken, offenbar bindegewebigen Kapseln umgeben, welche aus dünnen konzentrisch angeordneten Lamellen bestehen; in diesen Lamellen liegen kleine, ovale Kerne. Bisweilen ist zu erkennen, daß 2—3 Endplättchen in einer Kapsel gelegen sind. Es ist schwer, festzustellen, ob sämtliche Apparate, in denen die dendritenähnlichen Fortsätze der Zellen der Varietät a endigen, den eingekapselten Endapparaten zugezählt werden müssen oder nur die größeren von ihnen, da die Kapseln sich in Methylenblau recht schwer färben und nur an wenigen, hauptsächlich an den größeren Plättchen und Anschwellungen klar hervortreten.

Diese Endapparate liegen, soweit ich habe feststellen können, in den Bindegewebssepten zwischen den Ganglienzellen und da diese Septa stellenweise sehr dünn sind, so liegen viele Apparate unmittelbar der Außenfläche der Bindegewebszellhülle an. Einige Apparate sind außerdem an der Peripherie der Ganglien, unmittelbar unter ihrer Hülle gelegen.

Den Zellen der Varietät a müssen noch Übergangsformen zu der folgenden Varietät zugezählt werden (Fig. 63). Dieselben besitzen, wie die beschriebenen Zellen, einen Nerven- oder Hauptfortsatz und 2, 3, 4 und mehr dendritenähnliche Fortsätze. Ersterer

unterscheidet sich in nichts wesentlichem von dem gleichen Fortsatz der Zellen der Varietät a, die letzteren entspringen dagegen von verschiedenen Stellen der Zelle als recht dicke Fasern. Jeder derartige Fortsatz teilt sich in einer geringen Entfernung von der Zelle gabelförmig in 2—3 dicke Äste von verschiedener Länge. Letztere zerfallen, wie der Fortsatz selbst in mehrere (2—3) Äste von verschiedener Dicke; einer derselben endigt nachdem er sich eine Strecke hin- und hergewunden, in den beschriebenen keulenförmigen und eckigen Anschwellungen, die anderen teilen sich abermals in eine Anzahl von Ästchen. Diese endigen teilweise unmittelbar in verschieden gestalteten und verschieden großen Plättchen und kleinen Anschwellungen, teilweise zerfallen sie vorher in zahlreiche feine und kurze Ästchen und Fäden. Sämtliche Verzweigungen der dendritenähnlichen Fortsätze, folglich auch die Apparate, in denen sie endigen, sind ebenda gelegen, wie die Verzweigungen der Fortsätze anderer Zellen dieser Varietät, einige derselben dringen jedoch auch zu den tiefen Schichten der Ganglienhülle vor.

Eine charakteristische Eigentümlichkeit der Verzweigungen der dendritenähnlichen Fortsätze dieser Zellen stellt der Umstand dar, daß einige derselben sich auf eine kurze Strecke mit einer nicht selten dicken Markscheide umgeben. Diese wird am häufigsten in der Nähe der Anschwellungen und Plättchen, in denen diese Äste endigen, sowie in der Nähe der Teilungsstellen der Äste beobachtet. In letzterem Falle ist an der Teilungsstelle sowohl der Ast, welcher sich verzweigt, als auch seine Teiläste marklos; in einiger Entfernung von der Teilungsstelle ist ein kurzer Abschnitt derselben jedoch markhaltig. Bisweilen erscheint ein Ast eine kurze Strecke weit marklos, jenseits und diesseits davon aber markhaltig, wobei die Markscheide bald wieder verschwindet. An einigen Ästchen der dendritenähnlichen Fortsätze entstehen somit Ranvier'sche Schnürringe, während die Fortsätze selbst sich als markhaltige Fasern darstellen. An den markhaltigen Abschnitten sind ovale, der Markhülle dicht anliegende Kerne zu erkennen; dieselben gehören zweifellos den

Zellen des Neurilemms an. Den hier beschriebenen Zellen kommen die Zellen der Varietät b nahe.

b) Zu dieser Varietät gehören recht große Zellen mit zahlreichen Ecken (Fig. 64); von einer derselben entspringt der Nerven-Hauptfortsatz, von den übrigen dendritenähnliche Fortsätze (in der Mehrzahl der Fälle je einer, bisweilen je zwei von jeder Ecke). Der Nervenfortsatz stellt sich gewöhnlich als dicke Faser dar, welche bisweilen in ihrem Anfangsteil kegelförmig verdickt ist und sich in einer größeren oder geringeren Entfernung von der Zelle mit einer dicken Markscheide umgibt. Dieser Fortsatz kann nicht selten weithin verfolgt werden bis zu seinem Eintritt in ein Bündel, welches aus Nervenfortsätzen und deren infolge einer T- oder Y-förmigen Teilung entstandenen Äste verschiedener Typen von Spinalganglienzellen entsteht. Ich habe nicht feststellen können, ob sich dieser Fortsatz, gleich den Hauptfortsätzen der Zellen anderer Typen, teilt oder nicht und ob er peripherwärts oder zentralwärts verläuft, da diese Zellen sich mit ihren sämtlichen Fortsätzen verhältnismäßig selten durch Methylenblau färben lassen. Falls der Hauptfortsatz auf einer längeren Strecke gefärbt ist, erscheint er, wie soeben mitgeteilt, als dicke, ungeteilte, markhaltige Faser, an der deutlich Ranvier'sche Schnürringe sichtbar sind.

Die dendritenähnlichen Fortsätze entspringen von je einer Zellecke in der Einzahl, selten in der Zweizahl, wobei von einer Zelle häufig 5—6—8 und beträchtlich mehr Fortsätze abgehen (Fig. 64); diese Zahl ist jedoch meiner Meinung nach geringer als die tatsächliche, da sich bei weitem nicht alle Fortsätze einer Zelle färben.

In seinem Anfangsteil erscheint jeder Fortsatz leicht verdickt, darauf verdünnt er sich recht rasch, dringt durch die Kapsel und die Bindegewebshülle der Zelle hindurch und erscheint als dünne Faser, bisweilen auch als ein äußerst dünner Faden. Dadurch erklärt es sich, warum bei weitem nicht an allen Zellen die Verbindungen der dendritenähnlichen Fortsätze mit der Zelle deutlich sichtbar sind. Nachdem er unter mannigfachen Windungen eine

verschieden lange Strecke durchlaufen, erhält jeder Fortsatz eine dicke Markscheide und erstreckt sich nun in Windungen als markhaltige Faser mit Ranvier'schen Schnürringen weiter; stellenweise verliert letztere auf eine kurze Strecke das Mark und teilt sich hier häufig in zwei oder drei verschieden lange Ästchen, welche alsbald eine Markscheide erhalten. Der die Fortsätze und ihre Äste umgebenden Markscheide liegen recht große ovale Kerne an, welche in gewissen Abständen von einander angeordnet sind und Kerne der Neurilemmzellen darstellen.

Die Länge der von einer Zelle abgehenden Fortsätze ist sehr verschieden: einige sind kurz, andere recht lang. Sämtliche Fortsätze verlieren, unabhängig von ihrer Länge, schließlich die Markscheide, worauf sie alsbald in einem Plättchen oder einer Anschwellung endigen, oder sie zerfallen zunächst in zahlreiche, sich mehrfach teilende Ästchen, welche in verschieden gestalteten und verschieden großen Plättchen und Anschwellungen endigen. Dasselbe Verhalten weisen sämtliche Teiläste dieser Fortsätze auf. In einigen Fällen sondert sich von dem leicht verdickten, marklosen Anfangsteil eines Fortsatzes ein dünnes, markloses Seitenästchen ab, welches in der Nähe der Zelle gleichwie der Fortsatz selbst in einem kleinen Plättchen oder in einer kleinen Anschwellung endigt. Die beschriebenen Endapparate weisen dasselbe Verhalten auf, wie die Apparate, in denen die dendritenähnlichen Fortsätze der Zellen der vorhergehenden Varietät endigen.

Die dendritenähnlichen Fortsätze erstrecken sich, soweit es auf den Totalpräparaten der Ganglien (siehe „Untersuchungsmethoden"), sowie auf dicken Schnitten zu erkennen ist, teilweise unterhalb der Hülle der Ganglien, dringen stellenweise in letztere hinein und endigen in ihrer tiefen Schicht; teilweise verlaufen sie in den Bindegewebssepten zwischen den Ganglienzellen, winden sich daselbst und endigen in den beschriebenen Apparaten. Einige der Fortsätze oder deren Verzweigungen endigen an den Polen der Ganglien im Bindegewebe zwischen den Nervenstämmchen und in den letzteren selbst. Es muß dem

Gesagten noch hinzugefügt werden, daß diese Fortsätze gewöhnlich nicht in die Tiefe der Ganglien vordringen und sich bloß in den oberflächlichen Abschnitten derselben verbreiten.

c) Die Zellen dieser Varietät (Fig. 65, 66 A und B) sind, wie die Zellen der beiden vorhergehenden Varietäten in den peripheren Teilen der Ganglien und an deren Polen gelagert. Gewöhnlich sind sie in Gruppen (Nestern) zu 5—10 und mehr angeordnet, bisweilen jedoch auch als einzelne Zellen und weisen, soviel ich habe wahrnehmen können, eine mannigfaltigere Form, als die Zellen der Varietät a und b auf. Unter ihnen finden sich Zellen von birnförmiger und unregelmäßig eckiger Gestalt und daneben in einer und derselben Gruppe eckige Zellen, die sich so in die Länge strecken, daß ein Abschnitt derselben dicker als der andere erscheint (Fig. 65, 66).

Von einer Zellecke entspringt ein mehr oder weniger dicker Hauptfortsatz, welcher nach Verlauf einer gewissen, bisweilen recht großen Strecke eine dicke Markscheide erhält, wobei er sich durchaus nicht von den gleichen Fortsätzen der bereits beschriebenen Zellvarietäten des Typus XI unterscheidet. In den keulenförmigen Zellen zieht sich das verdünnte Zellende allmählich aus und erstreckt sich unmittelbar als Hauptfortsatz weiter fort, wobei es beachtenswert ist, daß die Pigmentkörner nicht nur in dem ausgezogenen Ende der Zelle, sondern bisweilen auch im Anfangsteil des Fortsatzes selbst angetroffen werden (Fig. 65).

Von jeder der übrigen Zellecken entspringt je ein dendritenähnlicher Fortsatz, wobei von jeder Zelle, soweit ich beurteilen kann, 2—3 derartige Fortsätze abgehen. Nicht selten werden jedoch auch keulenförmige und ovale Zellen angetroffen, von denen augenscheinlich nur ein dendritenähnlicher Fortsatz entspringt. Wahrscheinlich ist die Zahl dieser Fortsätze größer als 1—3, da das Methylenblau nicht alle, sondern nur einige derselben färbt. Zu gunsten dieser Ansicht spricht der Umstand, daß an einer Zelle häufig ein Teil der Fortsätze in ihrer ganzen Länge, während andere nur auf einer größeren oder geringeren Strecke, häufig

nur in der Nähe der Zelle gefärbt sind. Wo auf den Totalpräparaten viele Zellen tingiert sind und unter ihnen einige multipolare, ist es, da die Zellen fast unmittelbar aneinander gelegen sind, und von ihnen nach allen Seiten dendritenähnliche Fortsätze und Nervenfortsätze abgehen, sehr schwer zu entscheiden, ob von einer Zelle nur 1—2—3 oder mehr dendritenähnliche Fortsätze abgehen. Noch schwerer läßt sich natürlich ein Urteil über die Zahl der Fortsätze auf Schnitten durch die Ganglien gewinnen, da auf diesen, zumal auf dünnen Schnitten, einige Fortsätze abgeschnitten sind.

Entspringen von einer Spinalganglienzelle mehrere dendritenähnliche Fortsätze, so sind gewöhnlich einige derselben sehr lang, andere verhältnismäßig kurz, wobei jedoch sämtliche Fortsätze mit einer kegelförmigen Anschwellung von der Zelle ihren Anfang nehmen, darauf allmählich dünner werden und bald wieder das Aussehen mehr oder weniger dicker Fasern annehmen.

Die langen dendritenähnlichen Fortsätze haben in ihrem Anfangsteil keine Markscheide, nach längerem oder kürzerem Verlauf wird jedoch jeder Fortsatz nicht selten von einer recht dicken Markscheide umgeben und teilt sich darauf an einem Ranvierschen Schnürringe in 2—3, nicht selten auch in 4 markhaltige Äste resp. Fasern. Einige derselben verlaufen, von einer Markscheide umgeben, eine verschieden lange Strecke, worauf jede in mehrere (2—3) gleiche Fasern zerfällt; andere Fasern (eine oder zwei) teilen sich nicht weiter, verlieren in einer sehr weiten Entfernung von der zugehörigen Zelle die Markscheide und endigen in mannigfaltigen, verschieden großen Anschwellungen und Plättchen (Fig. 65, 66).

Sämtliche übrige Fasern teilen sich in der beschriebenen Weise in mehrere markhaltige Äste, an denen sich der gleiche Vorgang noch einige oder viele Male wiederholt.

Außerdem entspringen noch auf der ganzen Verlaufsstrecke der dendritenähnlichen Fortsätze von diesen Seitenästchen von verschiedener Dicke. Gewöhnlich beginnen sie in der Zahl von 2—3—4 sowohl von dem marklosen, als auch von

dem markhaltigen Abschnitt des Fortsatzes (in letzterem Falle an einem Ranvier'schen Schnürringe), durchlaufen zunächst als mehr oder weniger dünne marklose Fasern bisweilen eine recht große Strecke und erhalten darauf eine Markscheide. Einige dieser Ästchen teilen sich ferner nicht selten, nachdem sie eine recht lange Strecke durchlaufen, in 2—3—4 markhaltige Ästchen, an denen sich dasselbe Verhalten mehreremale wiederholt; einige teilen sich jedoch nicht, verlieren schließlich die Markscheide und verwandeln sich in verschieden dicke, in der Mehrzahl der Fälle sehr dünne Fasern und Fädchen.

Aus einem langen dendritenähnlichen Fortsatz, welcher in diesem Falle den Charakter einer markhaltigen Faser hat, entstehen somit zahlreiche markhaltige Fasern.

Die kurzen dendritenähnlichen Fortsätze haben gleich den langen anfangs keine Markscheide und stellen sich als verschieden lange Fasern dar. Letztere zerfallen nicht selten bereits in der Nähe der Zelle in 2—3 Ästchen, welche nach einem in der Regel kurzen Verlauf sich abermals in mehrere gleiche Ästchen teilen (Fig. 66). Jedes Ästchen umgibt sich alsbald mit einer Markscheide, worauf einige derselben sich an einem Ranvier'schen Schnürringe abermals in 2—3 verhältnismäßig kurze Ästchen teilen; letztere verlieren früher oder später die Markscheide und erscheinen als mehr oder weniger dünne und lange Fasern und Fäden. Andere Ästchen teilen sich nicht, umgeben sich mit einer Markscheide, verlieren dieselbe meistenteils nach kurzem Verlauf und zerfallen in mehr oder wenige kurze Fasern.

Zwischen den kurzen Fortsätzen werden außerdem bisweilen auch solche angetroffen, welche auf ihrem größtenteils kurzen Verlauf keine Markscheide besitzen und als recht dicke, stellenweise etwas verdickte Fasern sich darstellen. Sie zerfallen früher oder später in 3—4 dünne, verhältnismäßig kurze marklose Ästchen, wobei an den Teilungsstellen häufig eckige Verdickungen entstehen (Fig. 66).

Die Markscheide, welche die Verzweigungen der dendritenähnlichen Fortsätze umgibt, ist von sehr verschiedener Dicke:

an einigen Fasern ist sie sehr dick, an anderen dagegen dünn; stellenweise verliert eine Faser auf eine kurze Strecke das Mark; an sämtlichen markhaltigen Abschnitten der Fasern sind deutlich Ranvier'sche Schnürringe sichtbar. An vielen Fasern treten außerdem deutlich die intensiv gefärbten, der Markscheide anliegenden Kerne der Neurilemmzellen hervor. Kurz, die markhaltigen Teiläste der dendritenähnlichen Fortsätze unterscheiden sich nicht wesentlich von jeder anderen sensiblen oder motorischen markhaltigen Faser.

Sowohl die langen als die kurzen dendritenähnlichen Fortsätze, welche von den Zellen dieser Varietät entspringen, sowie sämtliche Verzweigungen derselben verlaufen gewöhnlich nach verschiedenen Richtungen und dringen in verschiedene Abschnitte eines Spinalganglions hinein.

Die Verzweigungen der langen dendritenähnlichen Fortsätze werden, wie es besonders deutlich an Totalpräparaten der Ganglien hervortritt, überall im Ganglion, sowohl in den tiefen, als auch in den peripheren Abschnitten derselben unmittelbar unter der Hülle angetroffen.

Viele Fasern treten außerdem aus dem Ganglion in die Hülle hinein, ferner in die Nervenfaserbündel, welche das Ganglion durchziehen, sowie in die hinteren Wurzeln, wo diese Fasern teilweise in den Stämmen selbst, teilweise in dem sie verbindenden Bindegewebe verlaufen. In der Mehrzahl der Fälle ist die Möglichkeit gegeben, den Verlauf einiger dieser Fasern weithin zu verfolgen. Die kurzen dendritenähnlichen Fortsätze verzweigen sich in den Ganglien ebenso wie die langen; ihre Verästelungen umfassen bloß einen geringeren Bezirk des Ganglion, als die Verzweigungen der langen Fortsätze.

Gewöhnlich verlaufen sowohl die langen als auch die kurzen dendritenähnlishen Fortsätze einer multipolaren Zelle der Varietät c zu allen angegebenen Abschnitten des betreffenden Ganglion. Außerdem werden auch Zellen angetroffen, deren sämtliche oder jedenfalls die Mehrzahl der dendritenähnlichen Fortsätze ausschließlich zur Hülle des Ganglions hinziehen, wo sie sich all-

mählich verzweigen, wobei die Verästelungen derselben einen größeren oder geringeren, nicht selten einen recht großen Bezirk der Hülle versorgen. Einige der in der Ganglionhülle hinziehenden Fasern dringen bisweilen augenscheinlich in die hinteren Wurzeln, sowohl in den zentralen (zum Rückenmark verlaufenden), als auch in den peripheren Abschnitt derselben hinein.

Sämtliche dendritenähnliche Fortsätze und deren Verzweigungen winden sich während ihres Verlaufes in verschiedenem Maße; eine besondere Aufmerksamkeit lenken hierbei die in der Ganglienhülle gelegenen Fasern auf sich. Dieselben beschreiben sowohl in den tiefen, als auch in den oberflächlichen Schichten der Hülle zahlreiche schlingenförmige Windungen, überkreuzen sich in verschiedenen Richtungen, vereinigen sich zu einzelnen Bündeln, ziehen alsdann wieder nach verschiedenen Richtungen auseinander, winden und durchflechten sich darauf abermals miteinander in verschiedener Weise. Infolge dieses Verlaufs der dendritenähnlichen Fortsätze in der Ganglienhülle entsteht ein kompliziertes und eigenartiges Bild, von welchem die Abbildung eine bessere Vorstellung geben kann, als die genaueste Beschreibung. In der Fig. 65 und teilweise in der Fig. 66 sind mit pedantischer Sorgfalt und Genauigkeit, dort die Verzweigungen der langen dendritenähnlicheu Fortsätze einer Zelle in der Bindegewebshülle, hier die Verzweigungen der langen sowie der kurzen Fortsätze mehrerer multipolarer Zellen in den Ganglien selbst dargestellt.

Die mannigfach gewundenen Verzweigungen der dendritenähnlichen Fortsätze in der Ganglionhülle sind von mir (10) bereits in einer früheren Arbeit über Spinalganglien beschrieben und abgebildet worden (vgl. Fig. 6 und 7 B); damals hielt ich sie jedoch für Fasern, hervorgegangen durch Teilung der Nervenfortsätze besonderer Zellen, die ich als Zellen des II. Typus bezeichnet hatte.

Sämtliche markhaltige und marklose Fasern, Teiläste der langen und kurzen dendritenähnlichen Fortsätze, endigen nach Verlauf einer geringeren oder größeren Strecke, ob sie nun im

Ganglion selber, in dessen Hülle oder in den hinteren Wurzeln gelegen sind, in verschieden gestalteten eingekapselten und uneingekapselten Apparaten. Die markhaltigen Fasern verlieren zunächst ihr Mark, verlaufen in der Mehrzahl der Fälle eine mehr oder weniger lange Strecke, winden sich hierbei, teilen sich in gleich kurze oder lange Fäden, welche in verschiedenartigen und verschieden großen Plättchen. Anschwellungen und baumförmigen Verzweigungen endigen. Häufig endigt eine Faser sofort nach dem Verlust der Markscheide in den erwähnten Apparaten oder teilt sich hier gabelförmig in 2—3 verschieden lange Fäden. Bisweilen gibt ein Faden mehrere kurze Seitenästchen ab, von denen jedes, wie der Faden selbst, in einem der benachbarten Apparate endigt (Fig. 65, 66).

Die erwähnten Endapparate unterscheiden sich in nichts wesentlichem von denjenigen, in welchen die dendritenähnlichen Fortsätze der multipolaren Zellen der Varietät a und b endigen, weshalb ich, um Wiederholungen zu vermeiden, mich nicht weiter bei einer Beschreibung derselben aufhalten werde; eine solche ersetzen vollkommen die beigelegten Abbildungen (Fig. 65 und 66). Ich möchte nur darauf hinweisen, daß die Endplättchen eines dendritenähnlichen Fortsatzes von verschiedener Größe sind und mannigfaltige, eigenartige Formen aufweisen: sie erscheinen oval, stark in die Länge gestreckt, vieleckig, mit gezähnten und ausgezackten Rändern u. dergl. Von ihren Rändern entspringen häufig ein oder zwei, bisweilen auch mehr, verschieden lange und verschieden dicke Fäden, welche in ebensolchen Apparaten zweiter Ordnung endigen; an diesen wiederholt sich in einigen Fällen dasselbe. Die Endanschwellungen sind ebenfalls rundlich, keulenförmig, birnförmig oder unregelmäßig eckig und verschieden groß; auch von ihnen entspringen dünne und meistenteils kurze in gleichen Anschwellungen, bisweilen auch in Plättchen endigende Fädchen. Die baumförmigen Endverzweigungen sind denjenigen der peripheren Nerven, wie sie im Bindegewebe verschiedener Organe, in den Sehnen, Fascien und anderen vorkommen, vollkommen gleich. Soweit ich habe

feststellen können, sind die größeren Endplättchen und Endanschwellungen in besonderen Kapseln gelegen, welche aus mehreren konzentrisch angeordneten und äußerst dünnen Bindegewebslamellen aufgebaut sind (Fig. 66). Letzteren liegen gewöhnlich kleine, wahrscheinlich Bindegewebszellen angehörende Kerne an.

Die beschriebenen Endapparate sind zwischen den Bindegewebsfibrillenbündeln gelagert (eingekapselte Plättchen und Anschwellungen) oder liegen unmittelbar den erwähnten Bündeln an (uneingekapselte kleine Plättchen und Anschwellungen, sowie baumförmige Verzweigungen), unabhängig davon, ob diese Apparate in dem interzellulären Bindegewebe der Ganglien, in deren Hülle oder in den hinteren Wurzeln gelegen sind.

Bereits in meinen früheren Arbeiten habe ich einige Hinweise auf die multipolaren Zellen des Typus XI gegeben, dieselben waren jedoch nicht genügend für die Klarstellung des Verhaltens und der Beziehungen der Fortsätze dieser Zellen zum Spinalganglion.

Zum Schluß der Beschreibung der Zellen des Typus XI muß ich noch die Frage über die Bedeutung der markhaltigen und marklosen dendritenähnlichen Fortsätze berühren. Auf Grund des Mitgeteilten scheint es mir, daß die dendritenähnlichen Fortsätze als Homologa der peripheren Äste, in welche sich die Hauptfortsätze der übrigen beschriebenen unipolaren Zellen teilen oder als Homologa der peripheren Fortsätze der bipolaren Zellen angesehen werden müssen. Der Unterschied zwischen ihnen und den peripheren Ästen und Fortsätzen besteht nur darin, daß erstere im Ganglion selbst, in dessen Hülle und in den hinteren Wurzeln in verschiedenartigen Endapparaten endigen, während letztere in verschiedenen Nervenapparaten der Körperorgane endigen. Hieraus aber ergibt sich der Schluß, daß die multipolaren Zellen derartigen konstanten Zellelementen der Spinalganglien zugezählt werden müssen, welche die spezielle Funktion haben,

sowohl die Ganglien als auch die hinteren Wurzeln mit sensiblen eingekapselten und uneingekapselten Endapparaten zu versehen. Der Nervenfortsatz dieser Zellen teilt sich aller Wahrscheinlichkeit nach nicht Y- oder T-förmig in zwei Äste, sondern verläuft direkt in das Rückenmark, d. h. entspricht dem zentralen Ast unipolarer und dem zentralen Fortsatze bipolarer Spinalganglienzellen. Dieser Schluß wird, wie weiter unten ersichtlich ist, auch noch durch weitere Befunde bekräftigt.

M. Nageotte (27, 28) gelangte, wie es aus seinen beiden letzten, vorhin zitierten Abhandlungen ersichtlich ist, nach der Untersuchung der unter die Haut des Ohres vom Kaninchen transplantierten Spinalganglien zu dem Schluß, daß die unipolaren Zellen in derartigen Ganglien sich in eigenartige multipolare Zellen umwandeln, welche einigen Zellen von Zelltypen normaler Spinal- und sympathischer Ganglien entsprechen. Leider läßt sich aus der Beschreibung von Nageotte schwer eine deutliche Vorstellung von diesen Zellen machen, besonders jedoch von dem Verhalten der perizellulären Geflechte zu denselben usw.; darauf werde ich jedoch noch weiter unten Gelegenheit haben zurückzukommen. Hier will ich nur die zweifellose Tatsache erwähnen, daß die multipolaren Zellen des Typus XI in jedem Spinalganglion vorhanden, bald zu Gruppen, bald einzeln angeordnet sind und sich sowohl in den Spinalganglien junger, vollkommen erwachsener, sowie alter Tiere vorfinden, wobei sie, meiner Überzeugung nach, keine Beziehung zu der Regeneration der Nerven haben.

5. Sensible Apparate der Spinalganglien.

Nachdem wir nun verschiedene Typen von Spinalganglienzellen, insbesondere die Zellen des II, IV, VIII und XI Typus kennen gelernt haben, wird es, wie mir scheint, nicht schwer sein, sich die Herkunft einiger markhaltiger und markloser Fasern, welche in verschiedenen eingekapselten und uneingekapselten Nervenapparaten endigen, vorzustellen. Diese Fasern werden auf jedem Schnitt durch die Ganglien angetroffen, ihr unmittelbarer Zusammenhang mit den Zellen des einen oder anderen Typus ist jedoch schwer festzustellen.

Bei der Betrachtung der Präparate von Spinalganglien des Menschen und aller von mir untersuchten Tiere werden beständig auf jedem Präparat eine bald größere, bald geringere Anzahl derartiger Fasern angetroffen, welche augenscheinlich keine Beziehung zu den Fortsätzen der Spinalganglienzellen haben. In der Mehrzahl der Fälle stellen sie sich als verschieden dicke markhaltige Fasern dar, die dadurch charakterisiert sind, daß die Markscheide stellenweise unterbrochen ist, darauf wieder auftritt usw., weshalb die Fasern sich an den erwähnten Stellen in mehr oder weniger dünne Fäden verwandeln. Die marklosen Abschnitte dieser Fasern sind nicht selten von beträchtlicher Länge.

Diese Fasern verlaufen im interzellulären Bindegewebe des Ganglion, krümmen sich auf ihrem Wege zwischen den Spinalganglienzellen, teilen sich mehrfach in gleiche Fasern und in verschieden dicke marklose Fäden, an denen sich dasselbe wiederholt usw. Die Teilung erfolgt bald an den Ranvier'schen Schnürringen, wobei häufig an einem Schnürrineg die Faser in

3—4 Ästchen zerfällt, bald an den marklosen Abschnitten. Die durch allmähliche Teilung der Fasern entstandenen Ästchen verlaufen bald einzeln, bald in Bündeln (zu 3—4) nach verschiedenen Richtungen und winden sich hierbei in verschiedenem Maße. Die mit den markhaltigen Fasern verlaufenden marklosen erscheinen als mehr oder weniger dünne und am häufigsten sehr lange Fäden. Die Mehrzahl derselben sind Äste markhaltiger Fasern; für einige läßt sich jedoch ein unmittelbarer Zusammenhang mit letzteren nicht feststellen. Bei der Verfolgung des weiteren Verlaufs dieser Fasern auf dicken Schnitten und auf Totalpräparaten der Ganglien (vgl. „Untersuchungsmethoden") läßt sich folgendes feststellen. Einige derselben verzweigen sich und endigen im Ganglion selbst, andere dringen in die hinteren Wurzeln, sowie in die Bindegewebshülle des Ganglion hinein. Die ersteren verlaufen in den interzellulären Bindegewebssepten, verzweigen und winden sich, wie bereits erwähnt, in mannigfacher Weise. Sie durchziehen das Ganglion in den verschiedensten Richtungen bis zu dessen Bindegewebshülle, wobei viele derselben, ja sogar die Mehrzahl, die Markscheide verlieren und sich in verschieden dicke, am häufigsten ungemein dünne Fäden verwandeln. Letztere teilen und winden sich ebenfalls in verschiedenem Maße in den interzellulären Bindegewebssepten. Einige dieser markhaltigen Fasern und marklosen Fäden dringen einzeln oder mehrere zusammen sowohl in die Nervenfaserbündel, welche sich in dem Ganglion aus den Nervenfortsätzen der Spinalganglienzellen bilden, sowie in die dünnen Bindegewebszüge zwischen ihnen hinein. Hier teilen sich die erwähnten Fasern und Fäden, ziehen nach verschiedenen Richtungen auseinander und können nicht selten auf weite Strecken hin verfolgt werden. Mit den Bündeln dringen sie außerdem in die zentralen und peripheren Abschnitte der hinteren Wurzeln hinein (Fig. 67), wo sie zwischen und in den Nervenstämmchen verlaufen.

Ein Teil dieser Fasern und Fäden endigt in verschieden gestalteten und verschieden großen Plättchen, Anschwellungen und baumförmigen Verzweigungen, welche sich nicht von den

gleichen Apparaten unterscheiden, in denen, wie oben berichtet wurde, die Kollateralen und gewisse Fortsätze der Spinalganglienzellen des II, IV, VIII und XI Typus endigen. Die markhaltigen Fasern verlieren zunächst ihre Markscheide und bilden sofort, ohne sich weiter zu teilen, Plättchen und Anschwellungen, oder sie zerfallen zunächst in mehrere marklose Ästchen, welche sich ihrerseits allmählich in eine größere oder geringere Anzahl verschieden langer Fäden teilen. Von letzteren sondern sich zahlreiche kurze Fäden ab, welche mit sehr kleinen blattförmigen Verbreiterungen, zwischen denen bisweilen auch größere Plättchen und knopfförmige Verdickungen vorkommen, besetzt sind. Bisweilen endigt auch eines dieser Ästchen nicht in einer baumförmigen Endverzweigung, sondern in einer recht großen Anschwellung oder Verdickung. Die dünnen marklosen Fäden endigen nach einem häufig sehr langen Verlauf in derselben Weise, wie die markhaltigen Fasern. In vielen Fällen stellen sich diese Fäden auf einer geringeren oder größeren Strecke als sehr dünne Gebilde dar, darauf nehmen sie an Dicke zu und verwandeln sich in dicke Fasern, von denen jede in einem Plättchen oder in einer Anschwellung endigt.

Sämtliche beschriebenen Endapparate sind in den Bindegewebssepten zwischen den Zellen und den Nervenfaserbündeln, zwischen den Nervenfasern der Bündel und schließlich in den hinteren Wurzeln (Fig. 67) gelegen. Nicht selten umfaßt eine markhaltige Faser oder ein Faden, indem er sich zwischen den Spinalganglienzellen windet, halbkreisförmig oder kreisförmig die Bindegewebshülle einer Zelle und endigt auf der äußeren Oberfläche der Zellhülle in einem Plättchen oder in einer Anschwellung. Manchmal winden sich um die Bindegewebshülle einer Zelle mehrere (2—3) dieser Fasern und Fäden, welche sich gegenseitig überkreuzen und darauf in den beschriebenen Apparaten endigen.

Häufig schließlich winden sich einzelne Fasern auf ihrem Wege zwischen den Zellen (besonders denjenigen, welche in den peripherstenAbschnitten des Ganglion gelegen sind) um

die Bindegewebshülle einer oder mehrerer Zellen in verschiedener Weise, teilen sich hierbei öfters und umflechten die Hülle einer jeden Zelle. Alsdann verlaufen diese Fasern weiter in den interzellulären Bindegewebszügen und endigen bisweilen in einer weiten Entfernung von der umflochtenen Zelle in irgend einem Endapparat.

Außer diesem Verhalten der Fasern und Fäden zu der Zellhülle habe ich in vielen Fällen noch eine innigere Beziehung der ersteren zu dieser wahrgenommen: viele dieser Fasern und Fäden dringen auf ihrem Wege in dem interzellulären Bindegewebe in die Bindegewebshülle einiger Spinalganglienzellen hinein (Fig. 51, 68—70).

Zunächst suchte ich zu entscheiden, welchem Zelltypus diese Zellen angehören und bin nach sorgfältiger Untersuchung zu dem Schluß gelangt, daß sie den Zellen des I, V und VI Typus angehören; eine Ausnahme machen augenscheinlich nur die Varietäten c der beiden letzten Typen.

In die Hülle einer Spinalganglienzelle tritt gewöhnlich von einer Seite oder von verschiedenen Seiten her eine markhaltige Faser oder ein markloser Faden hinein. Nicht selten dringen in die Hülle auch zwei, drei, bisweilen auch mehr Fasern ein, wobei einige derselben markhaltigen Fasern, andere marklosen Fäden angehören. Nachdem die Faser in die Hülle einer Zelle des Typus I eingedrungen ist, windet sie sich leicht, verliert die Markscheide, erscheint als mehr oder weniger dicker Faden und endigt, indem sie sich allmählich verdickt, bald in verschieden gestalteten und verschieden großen Plättchen, bald in einer leicht abgeplatteten Anschwellung (Fig. 68). Gleichzeitig treten in die Hülle derselben Zelle häufig noch eine oder zwei feinere marklose Fäden, welche sich mannigfach winden, mehrere Male die Zelle umgeben und endigen, indem sie sich gegenseitig überkreuzen, gleichwie die markhaltige Faser in Plättchen (Fig. 68). Diese Fäden sind häufig ungemein dünn und nur stellenweise verdickt. In dem Falle, wenn in die Zellhülle ein markloser Faden hineindringt, windet sie sich ebenfalls um die Zelle und

endigt mit einer Verdickung, deren Ende abgerundet oder leicht konkav ist, wobei der Faden bisweilen auf seinem Wege eine Markscheide erhält, die er früher oder später wieder verliert, welches Verhalten sich nicht selten mehrere Male wiederholt.

Sämtliche beschriebenen Plättchen und Verdickungen sind in der Bindegewebshülle der Zelle selbst gelegen, wobei es vorkommt, daß ein Endapparat unmittelbar der Zellkapsel anliegt. Hat dieser Endapparat die Gestalt einer großen Anschwellung, dann übt sie wahrscheinlich einen Druck auf die Zelle aus, und erzeugt auf ihrer Oberfläche eine Delle, in welcher wie in einer Nische ein kleiner Teil der Anschwellung gelegen ist.

In der Bindegewebshülle einiger Zellen des Typus I sind somit an verschiedenen Stellen derselben Plättchen und Anschwellungen vorhanden, in welchen die Verzweigungen besonderer markhaltiger Fasern und markloser Fäden, welche weder mit der Zelle noch mit deren Nervenfortsatz verbunden sind, endigen. Falls der Nervenfortsatz dieser Zelle nicht gefärbt oder abgeschnitten ist, bleibt es natürlich unentschieden, ob diese Fasern und Fäden der Spinalganglienzelle angehören, d. h. von der Zelle oder ihrem Nervenfortsatz entspringen, oder eine andere Herkunft haben.

Das Verhalten dieser Fasern zu den Zellen des V und VI Typus festzustellen ist bedeutend schwieriger als bei den Zellen des I Typus, da die Nervenfortsätze der ersterwähnten Zellen, wie oben berichtet wurde, sich verzweigen, wobei einige Ästchen (an den Zellen des Typus V) mit einer Markscheide versehen sind. Infolge dessen können die in die Bindegewebshülle der Zelle eintretenden Fasern mit den Verzweigungen ihrer Nervenfortsätze verwechselt werden.

In Berücksichtigung jedoch des Charakters der in ihrer Bindegewebshülle endigenden Fasern können letztere von den Nervenfortsätzen dieser Zellen unterschieden werden.

Soviel ich habe wahrnehmen können, verlieren die markhaltigen Fasern, nachdem sie in die Hülle der angegebenen Zelle

eingedrungen sind und in ihr einen großen Bogen beschrieben haben, die Markscheide und teilen sich in mehrere (2—3) feine marklose Fäden (Fig. 69). Letztere verflechten sich mit den Verzweigungen des Nervenfortsatzes der Zelle und beschreiben in der Bindegewebshülle zahlreiche schlingenförmige Krümmungen, von denen einige die Zelle umgeben. Nach Verlauf einer häufig sehr langen Strecke werden sie allmählich dicker und endigen schließlich in verschieden großen und verschieden gestalteten Plättchen und Anschwellungen (Fig. 69). Bisweilen bleibt ein Endapparat oder auch der Faden, welcher in dem gefärbten Apparat endigt, ungefärbt, in welchem Falle in der Bindegewebshülle mehr Fäden als Apparate oder umgekehrt sichtbar sind.

Bei der Verfolgung des Verlaufs dieser marklosen Fäden ist es nicht schwer festzustellen, daß häufig einige derselben sich bisweilen auf eine weite Strecke mit einer Markscheide umgeben, welche darauf wieder verschwindet (Fig. 69), und daß fast beständig ein oder zwei Fäden aus der Hülle heraustreten (Fig. 69), worauf sie in den Bindegewebssepten zwischen den Zellen verlaufen. Bisweilen erhält ein Faden noch in der Zellhülle eine Markscheide und verläßt die Hülle als markhaltige Faser. Wohin diese Fasern weiterziehen, kann ich nicht mit Sicherheit angeben, mir scheint es jedoch, daß sie in Plättchen oder Verdickungen in dem interzellulären Bindegewebe endigen oder möglicherweise vorher in die Hülle anderer Zellen der erwähnten Typen hineindringen. Nicht selten dringt in die Bindegewebshülle einer Zelle eine markhaltige Faser oder ein markloser Faden hinein und teilt sich daselbst; bisweilen verliert erstere vorher ihre Markscheide, worauf sie in irgend einem Apparat endigt; der Faden dagegen erhält mehrere Male auf kurze Strecken eine Markscheide und verliert sie wieder.

In die Hülle der Zellen des Typus VI gelangen nach meinen Beobachtungen ausschließlich feine marklose Fasern (Fig. 51), welche, wie an den Zellen des Typus V, sich nicht selten mannigfach zwischen den Schlingen des von dem Nervenfortsatz dieser Zellen gebildeten Netzes winden und darauf meistenteils in Plättchen endigen.

Hier muß noch erwähnt werden, daß in einigen Fällen die markhaltige Faser vor ihrem Eintritt in die Hülle der Zellen des V Typus den Nervenfortsatz dieser Zellen eine kurze Strecke spiralförmig umkreist, worauf sie in die Hülle eindringt und in der angegebenen Weise endigt.

Außer diesem Verhalten der markhaltigen und marklosen Fasern, welche die Ganglien durchziehen, zu den Zellen einiger Typen ist noch eine andere Form der Beziehungen derselben zu den Zellen vorhanden. An vielen Präparaten ist zu erkennen, daß eine markhaltige Faser zunächst mehr oder weniger parallel dem aus der Bindegewebshülle herausgetretenen Nervenfortsatz der Zelle verläuft, sich ihm darauf nähert und ihn spiralförmig eine Strecke weit umkreist (Fig. 71); darauf entfernt sich die Faser wieder von dem Nervenfortsatz und teilt sich nicht selten in der Nähe desselben an einem Ranvier'schen Schnürringe in mehrere feine markhaltige Fasern (Fig. 71). Letztere ziehen nach verschiedenen Richtungen auseinander und verlaufen in dem interzellulären Bindegewebe, wo sie wahrscheinlich in dem beschriebenen Apparate endigen.

In einigen (freilich seltenen) Fällen treten an den Nervenfortsatz einer Zelle, bald nach seinem Austritt aus der Bindegewebshülle, von einer oder von verschiedenen Seiten 2—3 markhaltige Fasern heran, welche, wie es auf der Fig. 73 abgebildet ist, den Fortsatz vielfach ringförmig und schräg umkreisen. Auf diesem Wege teilen sich die Fasern, wobei die markhaltigen bezw. bisweilen auch marklosen Ästchen, ebenfalls Spiraltouren um den Nervenfortsatz beschreiben; darauf verlassen sie letzteren und begeben sich je nach der Lage der Zelle im Ganglion entweder nach verschiedenen Richtungen in dem interzellulären Bindegewebe, oder verlaufen unmittelbar unter der Hülle des Ganglion. Nach Zurücklegung einer gewissen Strecke zerfallen die erwähnten markhaltigen und marklosen Ästchen (erstere unter Verlust der Markscheide) häufig in mehrere feine Fäden, welche entweder in baumförmigen Verzweigungen (Fig. 73) oder in verschieden großen Plättchen und Verdickungen endigen.

Schließlich kommen auch Fälle vor, wo der Nervenfortsatz einer Zelle an verschiedenen, nahe bei einander gelegenen Stellen seines Verlaufs von mehreren (3—4) feinen, marklosen Fäden spiralförmig umgeben wird (Fig. 72). Einige dieser Fäden endigen, nachdem sie mehrere Spiraltouren um den Nervenfortsatz beschrieben, an demselben in verschieden gestalteten und verschieden großen Plättchen, die anderen entfernen sich allmählich von ihm und endigen nahe bei demselben oder auch oft sehr weit von ihm in der angegebenen Weise. Einige derselben dringen nach zahlreichen Windungen in die Hülle des Ganglions oder in die Nervenstämmchen hinein und endigen nach Verlauf einer beträchtlichen Strecke in Plättchen und Verdickungen. Bisweilen beschreibt auch eine dicke markhaltige Faser, unter Verlust ihrer Markscheide einige Touren um einen Nervenfortsatz, der bereits an mehreren Stellen von dünnen marklosen Fäden umwunden ist (Fig. 72).

Die Zellen, deren Nervenfortsätze bald nur an einer bald an mehreren Stellen von markhaltigen Fasern und feinen Fäden umwunden werden, gehören, meinen Beobachtungen nach zum Typus I. Die erwähnten Fasern haben keine direkte Beziehung zum Nervenfortsatz der Zelle, d. h. stellen nicht seine Kollateralen dar und umflechten eine Strecke weit einen Abschnitt des Nervenfortsatzes nach dessen Austritt aus der Bindegewebshülle der betreffenden Zelle.

Es endigen somit, wie aus dem weiter oben Mitgeteilten ersichtlich ist, besondere Fasern, welche sich als markhaltige Fasern oder als dünne, marklose Fäden darstellen, in mannigfaltigen Nervenapparaten sowohl in dem Bindegewebsgerüst der Ganglien, in den Nervenstämmchen der hinteren Wurzeln (in den peripheren und zentralen Abschnitten derselben), in den Bindegewebszügen zwischen diesen Nervenstämmchen, sowie in der Bindegewebshülle der Zellen einiger Typen (I, V und VI Typus); außerdem um-

flechten sie bisweilen vorher spiralförmig die Nervenfortsätze einiger Zellen des I und VI Typus und endigen alsdann erst in der Zellhülle oder außerhalb derselben in den oben beschriebenen Apparaten.

Die in der Bindegewebshülle der Zellen der erwähnten Typen gelegenen Endapparate liegen nicht selten dicht der Zellkapsel an; an den Zellen des V und VI Typus sind sie zwischen den Verzweigungen der Nervenfortsätze dieser Zellen eingeflochten und kommen daher außerdem in engen Kontakt mit diesen Verzweigungen.

Ich glaube nicht, daß dieses beschriebene Verhalten der Endapparate zu den Zellen einiger Typen und zu deren Nervenfortsatz als ein zufälliges angesehen werden kann, da dasselbe konstant beobachtet wird und infolge dessen zweifellos eine gewisse funktionelle Bedeutung hat.

Bei Betrachtung der Totalpräparate von Ganglien, welche nach dem angegebenen Verfahren angefertigt sind (vgl. „Untersuchungsmethoden"), sowie teilweise von Flachschnitten und Schnitten, läßt es sich feststellen, daß einige der beschriebenen markhaltigen Fasern und marklosen Fäden aus dem Ganglion (an verschiedenen Stellen desselben) unter verschiedenen Winkeln in dessen Bindegewebshülle hineindringen. Bereits auf Schnitten ist bisweilen zu erkennen, daß markhaltige Fasern nach ihrem Eintritt in die Hülle sich mehr oder weniger parallel der Oberfläche der letzteren winden und auf ihrem Wege sich in markhaltige und marklose Ästchen teilen, welche ebenfalls parallel der Oberfläche der Hülle hinziehen. Nachdem diese Fasern mehr oder weniger weit häufig fast bis zur oberflächlichsten Schicht vorgedrungen sind, wobei sie allmählich Ästchen abgeben, zerfallen sie endgültig in mehrere markhaltige und marklose Fasern. Diese verlaufen in derselben Richtung, wie die von ihnen abgehenden Ästchen. Sämtliche, auf die beschriebene Weise entstandenen Verzweigungen der Fasern verlaufen mehr oder weniger weit, worauf die markhaltigen

Ästchen die Markscheide verlieren, sich nicht selten abermals teilen und alsdann alle in der Hülle in baumförmigen Verzweigungen und in verschieden gestalteten sowie verschieden großen Plättchen und Verdickungen endigen.

Ein volles und vollkommen klares Bild von der Ausbreitung und von der Endigungsweise der erwähnten Fasern und Fäden in der Bindegewebshülle und in den hinteren Wurzeln können zum Teil Flachschnitte und hauptsächlich Totalpräparate ergeben. An solchen ist zu erkennen, daß die markhaltigen Fasern nach dem Eintritt in die Hülle zahlreiche schlingenförmige Windungen beschreiben und gleichzeitig allmählich an den Ranvierschen Schnürringen in eine große Zahl gleicher und sich ebenso windender Fasern zerfallen. Die Schlingen der markhaltigen Fasern sind äußerst mannigfaltig, liegen in verschiedenen Ebenen übereinander, zudem mehr oder weniger parallel der Oberfläche des Ganglions, wobei einige derselben in der peripherstenSchicht der Hülle gelegen sind.

Die Verzweigungen der markhaltigen Fasern nehmen, indem sie sich schlingenförmig winden und in verschiedenen, den tiefsten bis zu den oberflächlichsten Schichten der Hülle ausbreiten, eine ungeheure Fläche ein, durchziehen die ganze Hülle und erzeugen ein so charakteristisches Bild, daß sie unwillkürlich die Aufmerksamkeit des Beobachters auf sich lenken.

Einige Fasern und einige Teiläste derselben sind von einer verhältnismaßig dicken, andere im Gegenteil von einer dünnen Markscheide umgeben, welche häufig unterbrochen ist, darauf von neuem auftritt, wobei ihr hier und da viele Kerne der Neurilemmzellen anliegen. Die Länge der markhaltigen Ästchen ist verschieden: einige sind kurz, andere sehr lang. Jedes derselben verliert früher oder später die Markscheide und endigt alsdann sofort in einer baumförmigen Verzweigung, in einem Plättchen oder in einer Verdickung, oder zerfällt in mehrere (2—3—4) verschieden lange und dicke marklose Ästchen (Fig. 74, 75, 76). Einige derselben endigen in irgend einem Apparat, andere geben zunächst 1—2—3 auf dieselbe Weise endigende Ästchen ab, ver-

laufen darauf weiter, erhalten auf einer kurzen Strecke eine Markscheide und teilen sich, nachdem sie dieselbe wieder verloren, abermals in mehrere Ästchen, welche in den beschriebenen Apparaten endigen (Fig. 74). Häufig endigt eine markhaltige Faser nach Verlust der Markscheide sofort in einem großen runden Plättchen, von dessen Rande ein recht dickes und langes markloses Ästchen abgeht, welches in einem gleichen Plättchen endigt: bisweilen teilt sich dieses Ästchen zunächst gabelförmig in zwei kurze Ästchen, welche nach verschiedenen Richtungen verlaufen und je in einem großen ovalen Plättchen endigen.

Nicht selten werden ferner markhaltige Fasern angetroffen, welche sofort nach Verlust der Markscheide sich in vier feine Fäden teilen; letztere strahlen radienförmig nach verschiedenen Richtungen aus, wobei einer derselben sich nach Verlauf einer gewissen Strecke abermals gabelförmig teilt (Fig. 74, B). Die so entstandenen 6 Fäden laufen in Plättchen von verschiedener Form und Größe aus. Bisweilen teilt sich das Ästchen nach Verlust der Markscheide gabelförmig in zwei Fäden, von denen ein jeder allmählich in drei kurze Fädchen zerfällt. Diese Verzweigungen ziehen nach verschiedenen Richtungen und endigen in Plättchen, wobei von den Rändern eines, zweier oder dreier Plättchen noch je ein kurzes Fädchen entspringt, welches in einem Plättchen zweiter Ordnung endigt (Fig. 74 B).

Es kommt jedoch auch vor, daß ein markloses Ästchen zunächst in mehrere (2—3—4) Fädchen zerfällt, welche alle an der Bildung eines Endplättchens teilnehmen (Fig. 74 A). In einigen Fällen verliert die markhaltige Faser zunächst die Markscheide, verwandelt sich in einen dicken oder dünnen Faden, welcher in Windungen parallel der Oberfläche der Hülle in derselben hinzieht und in einem Plättchen oder in einer Verdickung endigt, oder sich zunächst in 2—3 gleiche Fäden teilt, die in derselben Weise endigen.

Bisweilen endlich verläuft ein markhaltiges Ästchen nach Verlust der Markscheide eine verschieden lange Strecke und endigt in einem Plättchen, von welchem einer oder mehrere verschieden

dicke Fäden abgehen (Fig. 75). Letztere teilen sich nicht selten abermals und endigen ebenfalls in Plättchen, an denen sich dasselbe wiederholt, wobei an der Bildung eines Plättchens häufig mehrere Fäden teilnehmen. Es entsteht auf diese Weise eine Gruppe von eng miteinander verbundenen Plättchen (Fig. 75), welche den Tastscheiben von Merkel vollkommen gleichen.

Die Endplättchen sind in der Mehrzahl der Fälle so angeordnet, daß die obere oder äußere Fläche des Plättchens der Oberfläche der Bindegewebshülle des Ganglion zugekehrt ist; infolge dessen stellen sie sich auf Längs- und Querschnitten des Ganglion als mehr oder weniger schmale Streifen dar.

Die Endanschwellungen sind nach Form, Größe und gegenseitigen Beziehungen ebenso mannigfaltig, wie die Endplättchen; es ist jedoch zu bemerken, daß die in der Hülle der Ganglien sich windenden markhaltigen Fasern häufiger in Plättchen, als in Verdickungen endigen.

Die größeren Plättchen und Anschwellungen, sowie die Plättchengruppen sind nach meinen Beobachtungen in besondere Kapseln eingeschlossen, wobei in den Bestand der letzteren 5—8 und mehr sehr feine Bindegewebslamellen eingehen. Diese sind konzentrisch angeordnet; stellenweise liegen ihnen ovale Kerne an, welche wahrscheinlich flachen Bindegewebszellen angehören. Bisweilen liegen 2—3 große Plättchen in einer Kapsel. Die in eine Kapsel eingeschlossenen Plättchengruppen gleichen sehr den von mir (12) in der Haut des Menschen beschriebenen besonderen eingekapselten Körperchen.

Weiterhin habe ich bereits darauf hingewiesen, daß die markhaltigen Teiläste der angegebenen Fasern nicht selten in Plättchen und Verdickungen, aber auch in baumförmigen Verzweigungen endigen; letztere sind ebenfalls in der ganzen Hülle zerstreut in verschiedener Entfernung von ihrer freien Oberfläche. Es ist bemerkenswert, daß einige Teiläste einer Faser in Plättchen und Verdickungen, andere in baumförmigen Verzweigungen endigen. In einigen Fällen gibt eine markhaltige Faser nach ihrem Eintritt aus dem Ganglion in dessen Hülle, wobei

sie allmählich zur Peripherie der letzteren hinzieht, eine große Anzahl sich ihrerseits mehrfach teilender markhaltiger und markloser Ästchen ab. Sowohl diese als jene endigen nach Verlauf einer gewissen Strecke vorwiegend in baumförmigen Verzweigungen (Fig. 76).

Aus dem soeben Mitgeteilten geht nun hervor, daß in der Bindegewebshülle der Spinalganglien, besonders, soweit ich habe wahrnehmen können, in der Nähe der Pole der Ganglien viele Endapparate vorhanden sind, in denen die Verzweigungen besonderer markhaltiger Fasern endigen. Diese unterscheiden sich nicht von den Fasern, welche, wie oben berichtet wurde, in derselben Weise in dem bindegewebigen Gerüst der Ganglien und in den hinteren Wurzeln endigen. Marklose Fasern, deren Zusammenhang mit den beschriebenen markhaltigen Fasern, wie oben erwähnt, nicht nachgewiesen werden kann, treten aus den Ganglien in deren Hülle nur in sehr beschränkter Zahl über. Sie dringen wie die markhaltigen Fasern in verschiedene Schichten der Hülle ein, winden sich in verschiedenem Maße und teilen sich hierbei nicht selten. Schließlich endigen auch sie in Plättchen, Anschwellungen und baumförmigen Verzweigungen.

An Präparaten, welche nach dem oben angeführten Verfahren behandelt, jedoch dermaßen herausgeschnitten worden sind, daß ein bedeutender Teil der hinteren Wurzeln (sowohl des peripheren als auch des zentralen Abschnittes derselben) mit dem Ganglion in Zusammenhang bleibt, läßt es sich feststellen, daß nicht alle in die Hülle des Ganglions eingedrungenen Fasern in ihr endigen. Einige Fasern, welche in der Hülle in der Nähe der Pole sich winden, dringen in die Nervenstämmchen, welche in den Bestand des peripheren und des zentralen Abschnittes der hinteren Wurzeln eingehen, ein. Sie winden sich im peripheren Teil jedes Stämmchens ebenso wie in der Ganglienhülle, d. h. beschreiben zahlreiche schlingenförmige Windungen von verschiedener Form und zerfallen allmählich

in eine große Anzahl sich ihrerseits vielfach teilender und sich windender markhaltiger Ästchen. Einige dieser letzteren verlaufen und winden sich in dem peripheren Teil der Stämmchen, andere dringen in die Tiefe derselben, gesellen sich zu den Fasern der Stämmchen, winden sich zwischen denselben und ziehen darauf zentralwärts (in den zentralen Abschnitten der Wurzeln) oder peripherwärts (in den Stämmchen des peripheren Abschnittes). An einigen Präparaten sind diese Fasern auf sehr weite Strecken hin sichtbar, wobei festgestellt werden kann, daß einzelne Fasern im zentralwärts gerichteten Abschnitt der Wurzeln sich fast bis zur Eintrittsstelle der letzteren in das Rückenmark und im peripheren Abschnitt bis zur Vereinigungsstelle der hinteren Wurzel mit der vorderen erstrecken. Jede dieser Fasern endigt nach Verlauf einer verschieden langen Strecke in verschieden großen und verschieden gestalteten Verdickungen oder in einem oder mehreren Plättchen.

Die in der Hülle der Ganglien sich mannigfaltig windenden markhaltigen Fasern sind, wie bereits oben erwähnt (vgl. Zellen des Typus XI) von mir in einer meiner früheren Arbeiten beschrieben worden (10).

Ungeachtet dessen, daß ein direkter Zusammenhang vieler der beschriebenen Fasern mit Spinalganglienzellen nicht nachgewiesen werden kann, so gehören erstere dennoch nicht fremden Fasern an, welche bloß in die Ganglien einmünden und in ihnen endigen. Diese Fasern entspringen von Zellelementen derselben Ganglien und zwar von den beschriebenen Zellen des II, IV, VIII und den multipolaren Zellen des XI Typus. Der Charakter dieser Fasern, sowie ihre Endigungsweise weist meiner Ansicht nach zweifellos darauf hin, daß sie teilweise Kollateralen der Zellen des II und IV Typus, teilweise Verzweigungen des peripheren Fortsatzes der Zellen des VIII Typus und schließlich Verzweigungen der dendritenähnlichen Fortsätze der Zellen des XI Typus darstellen. Der Zusammenhang der Fasern mit den Zellen der erwähnten Typen ist aus dem Grunde nicht an allen Präparaten zu erkennen, daß erstens die Zellen, von denen sie

entspringen, sich schwer in Methylenblau färben. Dank ihrer bedeutenden Länge, der Verästelung und dem gewundenen Verlauf vieler Fasern resp. der Fortsätze der Zellen der erwähnten Typen ist zweitens auf Schnitten die Mehrzahl derselben in einer größeren oder geringeren Entfernung von der zugehörigen Zelle abgeschnitten. Infolge dessen ist auch in den Fällen, wenn auf einem Schnitt die Zellen mit den abgehenden Fasern (Fortsätzen) gefärbt sind, der Zusammenhang der letzteren mit den Zellen nur in seltenen Fällen zu erkennen.

In Berücksichtigung der oben angeführten Arbeiten von Nageotte (26, 27, 28) und der letzten Abhandlung von S. R. y Cajal (7) muß ich die heikle Frage über die Bedeutung der oben angegebenen Endgebilde berühren. Müssen dieselben in der Tat als Wachstumskolben bezw. Plättchen und baumförmige Verzweigungen angesehen werden, welche auf eine beständige Regeneration der sensiblen Fasern hinweisen oder sind sie echte sensible Endapparate? Die Entscheidung dieser Frage muß natürlich sehr vorsichtig erfolgen und das Tatsachenmaterial ohne Voreingenommenheit berücksichtigt werden.

In Anbetracht sämtlicher oben angeführter Befunde und beim Vergleich derselben mit den Beobachtungen von S. R. y Cajal und Nageotte bin ich zu der Überzeugung gelangt, daß die verschiedenartigen Endplättchen, Verdickungen und baumförmigen Endverzweigungen, sowohl die eingekapselten als auch die uneingekapselten, sensible Endapparate darstellen. Sie haben durchaus keine Beziehung zur Regeneration der Nervenfasern und können daher nicht als Gebilde angesehen werden, welche den sogenannten „Wachstumskugeln und -kolben“ analog sind. Die rein äußere Ähnlichkeit einiger dieser Apparate mit letzteren kann, meiner Ansicht nach, nicht als Beweis für ihre gleiche Bedeutung angesehen werden. Zu gunsten der angegebenen Ansicht sprechen folgende Umstände:

1. In den Spinalganglien sämtlicher von mir untersuchten Tiere sind in normalem Zustande derselben, unabhängig von dem

Alter der Tiere, nicht weniger als acht Typen (von den beschriebenen elf) solcher Zellen vorhanden, deren Fortsätze (in Gestalt von Kollateralen des Nervenfortsatzes oder von besonderen Fortsätzen) in den angegebenen Nervenapparaten endigen. Würden nun diese letzteren als Gebilde, welche auf ein Wachstum der Fasern hinweisen, angesehen, so müßte gleichzeitig zugegeben werden, daß in den Spinalganglien im Verlauf des ganzen Lebens des Tieres unter normalen Verhältnissen an dem Regenerationsprozeß der Nervenfasern eine ungeheure Anzahl von Zellen verschiedener Typen teilnimmt. Eine derartige Annahme wird meiner Ansicht nach wohl kaum der Wirklichkeit entsprechen.

2. Die Fortsätze oder Kollateralen einer Spinalganglienzelle, ja sogar die Verzweigungen eines Fortsatzes oder einer Kollaterale endigen häufig in verschiedenen Nervenapparaten (eingekapselte und uneingekapselte Plättchen, Anschwellungen und charakteristische baumförmige Verzweigungen). Vom Standpunkt S. R. y Cajals und Nageottes müßten alle diese Apparate als Gebilde angesehen werden, welche auf eine Regeneration der Nervenfasern hinweisen, d. h. mit anderen Worten, als Wachstumsplättchen, -anschwellungen und baumförmige-verzweigungen. Jeder Forscher, der periphere Nervenendigungen zu untersuchen Gelegenheit hatte, wird jedoch beim Vergleich dieser Endigungen mit den oben angegebenen Apparaten keinen wesentlichen Unterschied zwischen beiden finden. Die im geformten Bindegewebe (in der substantia propria der Hornhaut, in dem Trommelfell, in den Sehnen usw.) vorkommenden Endplättchen, die Merkelschen Tastscheiben, die von mir in der Haut des Menschen beschriebenen besonderen eingekapselten Apparate usw. unterscheiden sich in der Tat nicht von den mannigfach gestalteten Plättchen, in denen die Fortsätze und Kollateralen der Spinalganglien vieler Typen endigen. Die baumförmigen Endverzweigungen der Nervenfasern im bindegewebigen Gerüst der Ganglien sind die gleichen, wie die Verzweigungen dieser Art in anderen Organen — in den Muskeln, in der Haut, in den Sehnen,

im Epithel usw. Ebenso verhält es sich mit den verschiedenartigen Endverdickungen.

Kurz, wären die oben beschriebenen Nervenendapparate in den Spinalganglien als Enden sich regenerierender Fasern anzusehen, so müßte angenommen werden, daß sämtliche, als Endigungen peripherer Nerven bekannte Endapparate bloß Enden wachsender Nervenfasern sind. Aus der Histologie müßte alsdann das Kapitel über Nervenendigungen gestrichen werden oder wir müßten die letzteren als Enden von Nervenfasern auffassen, welche in ihrem Wachstum stehen geblieben sind. Wie sollte jedoch dann die normale Grenze dieses Wachstums festgestellt werden und warum müssen in einem Fall die genannten Gebilde als wachsende Fasern, im anderen als Endapparate angesehen werden?

3. Einige Kollateralen der Zellen des Typus IV und viele Verzweigungen der Fortsätze von Zellen des Typus VIII und XI dringen in die Bindegewebshülle von Spinalganglienzellen anderer Typen hinein, winden sich bisweilen spiralförmig um den Nervenfortsatz derselben und endigen darauf in der Hülle oder außerhalb derselben in Plättchen und Verdickungen. Würden die letzteren bloß Enden wachsender Fasern sein, so würde es schwer sein zu erklären, welche Bedeutung dem Eindringen dieser Fasern in die Bindegewebshülle anderer Spinalganglienzellen und der Bildung von Spiraltouren um die Nervenfortsätze zukomme.

4. Von dem Nervenfortsatze einiger Spinalganglienzellen (Typus II, Varietät a) entspringen kurze Kollateralen, welche in Anschwellungen endigen; diese letzteren liegen häufig der Zelle dicht an, wobei ein größerer oder geringerer Teil jeder Anschwellung in einer besonderen Nische der Zelloberfläche liegt. Werden diese Kollateralen als neue, noch wachsende Fasern angesehen, so würde keine Antwort auf die Frage zu geben sein, welche Bedeutung ein derartiges Verhalten der Wachstumskolben oder -kugeln zu den Spinalganglienzellen habe. Ebenso rätselhaft bliebe auch die Bestimmung der Kollateralen, die von dem Anfangsteil des Nervenfortsatzes des Zelltypus II (Varietät b) und III abgehen.

5. Eine sehr große Zahl der oben beschriebenen Apparate ist konstant in der Bindegewebshülle der Ganglien und zum Teil zwischen den Nervenstämmchen der hinteren Wurzeln anzutreffen. Würden dieselben als Enden auswachsender Fasern angesehen werden, so wäre es unklar, warum diese Fasern in großer Zahl in die Hülle und in die Bindegewebssepta zwischen den Nervenstämmchen der hinteren Wurzeln (sowohl in die zentralen als auch in die peripheren Abschnitte derselben) hineinwachsen.

6. Bei vollkommen gesunden, jungen, vollkommen erwachsenen sowie alten Tieren wird in den Ganglien beständig eine große Anzahl von Fasern und deren Verzweigungen, welche in Plättchen, Anschwellungen und baumförmigen Verzweigungen endigen, angetroffen. Auf Grund dieses Befundes müßte angenommen werden, daß in normalen Ganglien beständig ein außergewöhnlich intensiver Regenerationsprozeß von Fasern stattfindet. Dieser Annahme kann jedoch kaum zugestimmt werden.

7. S. R. y Cajal und Nageotte weisen darauf hin, daß das Vorkommen von Fasern, welche in Wachstumskugeln und -kolben in den sympathischen Ganglien älterer Individuen, in den sensiblen Nerven, im Kleinhirn endigen, die Beobachtungen an den Spinalganglien bestätigen. Mir scheint es, daß die angegebenen Befunde noch nicht zu Gunsten der Regeneration von Fasern in den Spinalganglien sprechen, da in den Nervenstämmchen der hinteren Wurzeln, sowie an ihrer Eintrittsstelle in die weiße Substanz des Rückenmarks und schließlich in den Stämmchen der peripheren Nerven, wie weiter unten berichtet werden wird, modifizierte Vater-Pacinische Körperchen und Nervenknäuel, d. h. typische sensible Apparate vorhanden sind. Was die sympathischen Ganglien anbetrifft, so habe ich bereits vor längerer Zeit darauf hingewiesen, daß in ihnen Endigungen sensibler Nerven in Gestalt baumförmiger Verzweigungen vorkommen.

Diese Befunde sind es, die meiner Ansicht nach gegen die Annahme angeführt werden könnten, daß die verschiedenartigen Gebilde, in denen die Kollateralen und Fortsätze der Spinalganglienzellen vieler Typen in den Ganglien selbst, in deren Hülle

und in den hinteren Wurzeln als sensible Nervenapparate anzusehen wären. Damit soll jedoch nicht gesagt sein, daß in den Ganglien unter normalen Bedingungen nicht ein Regenerationsprozeß der Nervenfasern vor sich gehen könnte.

Es ist zweifellos, daß bei erwachsenen Tieren im Verlaufe des ganzen Lebens ein allmählicher Zerstörungsprozeß sensibler Fasern und ein Wiederersatz derselben durch neue Fasern stattfindet. Meiner Ansicht nach entstehen wenigstens in den Spinalganglien neue Nervenfasern nicht aus vorhandenen alten Nervenzellen, sondern aus neuen Zellelementen, welche die Stelle zu Grunde gehender oder bereits abgestorbener einnehmen.

Wie bekannt, wird an den Zellen der Spinalganglien bei erwachsenen Tieren in seltenen Fällen ein Teilungsprozeß beobachtet und auch dann am häufigsten als Amitose; es entsteht infolge dessen die Frage, woher die neuen Elemente stammen, welche die absterbenden Zellen ersetzen? Eine Antwort darauf hat bereits teilweise Bühler (1) gegeben, welcher die Vermutung aussprach, daß die Spinalganglien zwecks Erhaltung ihrer Funktionsfähigkeit während des ganzen Lebens bereits bei ihrer Anlage eine genügende Anzahl von Ersatzmaterial in Gestalt besonderer Reservezellen, welche weiter wachsend und sich entwickelnd allmählich, je nach dem Absterben der alten Zellen, ihre Stelle einnehmen, zuerteilt erhalten müssen.

Die von Bühler ausgesprochene Vermutung verdient volle Beachtung und erhält in meinen Beobachtungen, wie mir scheint, eine Bestätigung. In einer meiner früheren Arbeiten habe ich, wie oben angeführt, in den Spinalganglien verschiedener Säuger (vorwiegend Katzen) besondere kleine Zellen mit kurzen, von denselben abgehenden Sprossen bezw. Knospen beschrieben; schon damals habe ich sie noch nicht voll entwickelten Spinalganglienzellen zugerechnet. Ebensolche Zellen habe ich jetzt in den Spinalganglien des Menschen und des Pferdes gefunden. Denselben Zellen, jedoch auf einer späteren Entwicklungsstufe müssen auch alle Zellen des Typus X, d. h. kleine Zellelemente, von denen ein dünner markloser Nervenfortsatz und

ein oder zwei dicke, nicht selten verzweigte Fortsätze, die in der Regel in recht großen Anschwellungen endigen, zugerechnet werden. Diese Zellen erinnern sehr an die von Levi (24) in den Spinalganglien von Embryonen verschiedener Säuger beschriebenen Elemente.

Es muß somit, soviel ich beurteilen kann, in den Spinalganglien erwachsener Tiere unter normalen Verhältnissen beständig, wenn auch langsam, ein Abnutzungs- und Zerstörungsprozeß einiger Zellen vor sich gehen. Die Elemente, welche ihre Stelle einnehmen, sind in den Ganglien nachgebliebene Embryonalkeime dieser Zellen, welche allmählich in neue Spinalganglienzellen sich umwandeln. Es finden sich demnach in den Spinalganglien konstant, wenn auch in beschränkter Zahl, wachsende Nervenfasern und Ursprungszellen solcher, zu welch letzteren die Elemente des Typus X gehören.

Außer den oben beschriebenen eigenartigen Endapparaten, mit denen nicht nur die Ganglien, sondern auch die hinteren Wurzeln und besonders die Hülle der Ganglien reichlich versorgt ist, sind in den Ganglien noch andere Nervenapparate vorhanden. Ihnen gehören modifizierte Vater-Pacini'sche Körperchen (Körperchen von Golgi-Mazzoni), besondere Nervenknäuel und typische baumförmige Verzweigungen an.

Modifizierte Vater-Pacinische Körperchen (Fig. 77, 78) werden konstant in den Nervenstämmchen sowohl der peripheren, als auch der zentralen Abschnitte der hinteren Wurzeln angetroffen. Gewöhnlich sind dieselben in der Nähe der Pole der Ganglien gelegen (Fig. 77), doch finden sie sich auch mehr oder weniger weit ab von letzteren.

Zufällig sind dieselben z. B. von mir auf einem Querschnitt eines in Flemmings Gemisch fixierten N. alveolaris des Pferdes gefunden worden (Fig. 78). Die Körperchen liegen hier nicht in der Bindegewebshülle, die den Nerv umgibt oder die Stämmchen desselben bildet, sondern in letzteren zwischen den Nervenfasern und drängen, wie es die Fig. 78 zeigt, dieselben von der Hülle

ab. Größtenteils liegen dieselben zu 2—3—4 beisammen, weisen eine kugelförmige, ovale oder sogar unregelmäßige Form auf und erscheinen häufig mehr oder weniger gekrümmt. Sind die Körperchen in der Nähe des Ganglions gelegen, so ist es leicht zu erkennen, daß die in ihnen endigenden Fasern in Gestalt dicker markhaltiger Fasern aus dem Ganglion heraustreten, in eines der Stämmchen hineindringen, sich in demselben mehr oder weniger winden und in ihm in mehrere markhaltige Ästchen zerfallen. Letztere treten nach Verlust der Markscheide in der Ein- oder Zweizahl in den Hohlraum des Körperchens und endigen in ihm in der bekannten Weise. In seltenen Fällen werden diese Körperchen auch in den Ganglien selbst und zwar in deren Bindegewebsgerüst angetroffen.

Die Nervenendknäuel (Fig. 79, 80) sind selten vorkommende Apparate: dieselben werden in zweierlei Arten angetroffen.

a) Einige derselben liegen, wie die Vater-Pacini'schen Körperchen an den Polen der Ganglien im Bindegewebe, welches die Nervenstämmchen verbindet oder in der tiefsten Schicht der Bindegewebshülle (Fig. 79 A und B). Sie stellen eigenartige Endapparate dar, erinnern an die Knäuel in den Hauptpapillen des Menschen, wobei sie jedoch, soviel ich habe wahrnehmen können, keine scharf ausgebildete und von dem umgebenden Bindegewebe abgesonderte Hülle oder Kapsel besitzen.

Zu jedem derartigen Körperchen treten mehrere (2—3) verschieden dicke markhaltige Fasern heran, welche nach Verlust der Markscheide aus dem betreffenden Ganglion heraustreten und darauf allmählich in eine große Zahl sich mehrfach teilender Fäden zerfallen. Letztere sind verschieden lang, mit spindelförmigen und unregelmäßigen Anschwellungen und Verbreiterungen besetzt; sie winden sich, durchflechten sich miteinander in der verschiedensten Weise und in verschiedenen Richtungen und bilden einen äußerst dichten Knäuel (Fig. 79). Häufig sind an den Teilungsstellen der Fäden recht große dreieckige und spindelförmige Verdickungen und Verbreiterungen zu erkennen.

Einzelne dickere Fäden des Knäuels sind öfters durch dünne, kurze Seitenästchen miteinander verbunden. Die Knäuel sind in der Regel mehr oder weniger oval oder eiförmig.

Besondere Aufmerksamkeit lenken jedoch in diesen eigenartigen Knäueln zahlreiche Fäden auf sich, welche in der ganzen Ausdehnung des Knäuels, sowohl an der Basis, als am Gipfel desselben, aus ihm heraustreten, sich schlingenförmig winden und darauf in der Nähe des Knäuels in verschiedenen Verdickungen und Verbreiterungen endigen. Häufig sind diese Fäden durch feine Seitenästchen miteinander verbunden. Die beigegebene Abbildung (Fig. 79), welche mit der größten Sorgfalt ausgeführt ist, kann meiner Ansicht nach eine bessere Vorstellung von diesen eigenartigen Apparaten, als die genaueste Beschreibung geben.

b) Die Knäuel der zweiten Art (Fig. 80) werden in den Nervenstämmchen des zentralen Abschnittes der hinteren Wurzeln an den Eintrittsstellen derselben in die weiße Substanz des Rückenmarks angetroffen. Dieselben sind klein, oval oder eiförmig und von einer dünnen Bindegewebshülle umgeben. An jedes derartige Knäuelchen tritt gewöhnlich eine, bisweilen zwei markhaltige Fasern heran und windet sich in ihm zunächst ohne die Markscheide zu verlieren; nach Verlust derselben, der früher oder später eintritt, zerfallen sie in mehrere Ästchen, welche sich bisweilen abermals teilen, wobei sich sämtliche Ästchen miteinander verflechten und einen recht dicken Knäuel bilden; darauf endigen sie in unregelmäßigen, mehr oder weniger abgeplatteten Verdickungen an. Einige der letzteren liegen tief im Knäuel selbst, andere seiner Peripherie. Diese Endknäuel gleichen in hohem Grade einigen Formen der Genitalnervenkörperchen.

Was schließlich die baumförmigen Verzweigungen (Fig. 81) anbetrifft, so richte ich die Aufmerksamkeit auf sie, weil einige derselben eine kompliziertere Form im Vergleich zu den oben in der Bindegewebshülle der Ganglien beschriebenen darstellen; zweitens finden sie sich augenscheinlich hauptsächlich im Bindegewebe, welches die Nervenstämmchen der hinteren

Wurzeln verbindet, und sogar in den Stämmchen an den Polen der Ganglien.

In diesen Apparaten endigen dicke markhaltige Fasern, welche an den Ranvier'schen Schnürringen sich allmählich in zahlreiche markhaltige, sich abermals teilende Fasern spalten (Fig. 81). Diese Fasern, sowie ihre Verzweigungen winden sich in verschiedenem Maße, dringen in die Bindegewebssepta zwischen die Nervenstämmchen der hinteren Wurzeln, bei einigen auch in die Stämmchen selber hinein und endigen, nachdem sie ihre Markscheide verloren haben, in baumförmigen Verzweigungen. In den komplizierten Formen dieser Apparate zerfallen die Fasern nach Verlust der Markscheide in 3—4 Ästchen verschiedener Dicke, welche sich mannigfach winden und dabei allmählich in eine sehr große Zahl sich vielfach teilender Ästchen spalten. An den Teilungsstellen und im Verlauf dieser Ästchen sind spindelförmige und vieleckige Verbreiterungen vorhanden, wobei sämtliche Ästchen sich miteinander vereinigen und im allgemeinen nicht selten eine bedeutende Fläche einnehmen.

Die einen derartigen Endapparat zusammensetzenden Ästchen liegen nicht in einer Ebene und geben ihrerseits kurze, sich bisweilen teilende Seitenästchen ab, welche in verschiedenartigen blattförmigen Verbreiterungen endigen (Fig. 81). Die einfacheren Formen der baumförmigen Verzweigungen unterscheiden sich ihrem Wesen nach nicht von den gleichen Apparaten, wie sie oben in der Bindegewebshülle der Ganglien beschrieben worden sind.

Aus dem Mitgeteilten geht somit hervor, daß in den Spinalganglien des Menschen und der von mir untersuchten Tiere zahlreiche sensible Nervenapparate, in denen sowohl von den Nervenfortsätzen der Zellen verschiedener Typen abgehende Kollateralen, als auch die Verzweigungen besonderer Fortsätze von Zellen des Typus VIII und XI endigen, vorhanden sind. Diese Fortsätze sind, soviel ich sehe, denjenigen peripheren Ästen vollkommen gleich, welche bei der T- oder Y-förmigen

Teilung der Nervenfortsätze der meisten Zelltypen in den Spinalganglien entstehen.

Diese Endapparate liegen nicht nur in den Ganglien selbst und zwar in der Bindegewebshülle der Zellen einiger Typen, im interzellulären Bindegewebe und in der Hülle der Ganglien, sondern auch in den hinteren Wurzeln, von der Eintrittsstelle derselben in das Rückenmark bis zu ihrer Verbindung mit den vorderen Wurzeln. Hier liegen sie im Bindegewebe, welches die Stämmchen verbindet und in den Stämmchen selbst. Einige Endapparate werden auch in peripheren sensiblen Nerven angetroffen, wo sie in den Nervenstämmchen und wahrscheinlich in der dieselbe umgebenden Bindegewebshülle gelegen sind. Im letzteren Fall bleibt es natürlich offen, ob die Zellfortsätze der vorhin erwähnten Typen die Endapparate bilden oder die peripheren Äste, die durch T-förmige Teilung des Nervenfortsatzes einer Zelle irgend eines anderen Typus hervorgehen.

Diesen hier beschriebenen Endapparaten gehören eingekapselte und uneingekapselte an und zwar den ersteren modifizierte Vater-Pacini'sche Körperchen, Nervenknäuel, Endplättchen (einfache und komplizierte Formen) und Endverdickungen, den letzteren besondere Nervenknäuel, kleine Endplättchen und -Verdickungen und baumförmige Verzweigungen (einfache und komplizierte Formen).

6. Nervenfasern, welche in die Spinalganglien eintreten und in ihnen endigen.

Die in die Spinalganglien eindringenden und in ihnen endigenden Nervenfasern sind aller Wahrscheinlichkeit nach von verschiedener Herkunft. Einige derselben gehören sympathischen Fasern an, während die Herkunft der anderen vorläufig schwer zu bestimmen ist.

a) Die sympathischen Fasern (Fig. 82—86) treten in die Ganglien wahrscheinlich durch die Rami communicantes als verhältnismäßig dünne, markhaltige und marklose Fasern ein; erstere sind gewöhnlich von einer dünnen Markschicht bekleidet, welche deutliche Ranvier'sche Schnürringe aufweist. Die Markscheide ist bisweilen so dünn, daß sie an Methylenblaupräparaten nur durch die intensivere Färbung des Nervenfortsatzes an den Ranvier'schen Schnürringen kenntlich wird. Eine charakteristische Eigentümlichkeit dieser Fasern besteht darin, daß viele derselben auf verschieden großen Strecken ihres Verlaufs die Markscheide verlieren und darauf dieselbe wieder erhalten, welches Verhalten sich häufig mehrfach wiederholt. S. R. y Cajal weist in seiner Arbeit über die sympathischen Ganglien darauf hin, daß die sympathischen Fasern keine Markscheide haben. Ich kann mich damit nicht einverstanden erklären, da an meinen Präparaten der sympathischen Ganglien vollkommen deutlich zu erkennen ist, daß der Nervenfortsatz der sympathischen Zellen einiger Typen in einer näheren oder weiteren Entfernung von der Zelle nicht selten von einer recht dicken Markscheide

umgeben wird, worauf ich bereits mehr als einmal in meinen früheren Arbeiten hingewiesen habe.

Auf ihrem Wege durch das interzelluläre Bindegewebe winden sich die markhaltigen, sowie marklosen Fasern mannigfach, teilen sich mehrfach, wobei die Mehrzahl der ersteren schließlich die Markscheide verlieren und gleichwie die marklosen in feine Fäden zerfallen. Letztere sind mit kleinen Varikositäten besetzt, ziehen in Windungen zwischen den Zellen nach verschiedenen Richtungen, teilen sich abermals und verlaufen alsdann in der Ein- und Mehrzahl zur Bindegewebshülle einer Zelle, winden sich nach Durchsetzung dieser Hülle nicht selten um die Zellkapsel und zerfallen gleichzeitig in variköse Fäden und Fädchen. Diese umwinden die Zelle in den verschiedensten Richtungen, teilen sich wieder, verbinden sich miteinander und bilden um die Zelle ein äußerst dichtes Netz (Fig. 82—85). Netze, welche die Spinalganglien umflechten, sind bereits vor längerer Zeit von S. R. y Cajal, von mir und von G. Retzius u. a. Forschern beschrieben worden nnd als perizelluläre Netze oder Nester bekannt. Nicht selten verlaufen die Fäden, welche eine Zelle umflechten, indem sie auf einer Seite derselben gelegen sind, einzeln nach verschiedenen Richtungen, wenn sie jedoch auf die andere Seite der Zelle übergegangen sind, sammeln sie sich zu Bündeln, von denen, wie es die Fig. 84 zeigt, einzelne Fäden zu benachbarten Bündeln verlaufen, sich mit einander durchflechten und vereinigen, wodurch ein im allgemeinen sehr dichtes Netz um die Zelle entsteht.

Bei weitem nicht immer treten an die Spinalganglienzellen nur marklose Fasern heran, welche sich allmählich teilen, mit einander verbinden und ein perizelluläres Netz bilden. Häufig ziehen zu einer Zelle 1—2—3 markhaltige Fasern, welche, in der Bindegewebshülle der Zelle gelegen, dieselbe mehrere Male umkreisen, hierbei sich teilen und an einer Seite der Zelle schlingenförmig winden, worauf sie die Markscheide verlieren und allmählich in eine große Zahl von Fäden zerfallen (Fig. 85). Letztere verzweigen sich, anastomosieren mit einander und umgeben die

Zelle mit einem dichten Netz. Dieses Verhalten wird nicht nur an den im Ganglion selbst gelegenen Zellen, sondern häufig auch an den bald einzeln, bald in Gruppen zwischen den Nervenstämmchen und in ihnen angeordneten Zellen beobachtet.

In der Mehrzahl der Fälle ist eine verhältnismäßig vollkommene Färbung der sympathischen Fasern mit Methylenblau in den Spinalganglien recht selten. In der Regel sind auf Schnitten nur einige Fasern gefärbt, deren Endverzweigungen bloß einige Spinalganglienzellen umflechten. Infolge dessen kann leicht der Eindruck erhalten werden, daß die in den Ganglien endigenden sympathischen Fasern nur um Zellen einiger Typen perizelluläre Netze bilden. Nicht selten kann man jedoch auch an solchen Präparaten erkennen, daß ein oder mehrere Teilästchen der sympathischen Fasern nach der Bildung eines perizellulären Netzes um eine Zelle zu benachbarten Zellen hinziehen und um dieselben mit ebensolchen Netzen endigen. Ist jedoch auf einem größeren Bezirk des Präparates oder, wie es bisweilen vorkommt, fast an dem ganzen Präparat eine vollkommene Färbung der sympathischen Fasern erfolgt, so kann leicht festgestellt werden, daß ihre Verzweigungen perizelluläre Netze ausnahmslos um jede Spinalganglienzelle bilden (Fig. 82).

Die Teiläste einer sympathischen Faser ziehen gewöhnlich zu mehreren Spinalganglienzellen und zwar je 2—3 und mehr zu einer Zelle, wobei einige derselben allmählich in zahlreiche dünne variköse Fädchen, welche die betreffende Zelle umflechten, zerfallen; andere entsenden dagegen zur Bildung dieses Netzes nur einige Fäden, während sie selbst zu benachbarten Zellen verlaufen und um dieselben in perizellulären Netzen endigen.

Dasselbe Verhalten wiederholt sich auch an den übrigen Ästchen, infolge dessen die Verzweigungen einer Faser nicht ein perizelluläres Netz, sondern mehrere solche bilden. Außerdem sondern sich jedoch noch von jedem perizellulären Netze dünne variköse Fäden ab, welche zu benachbarten Netzen hinziehen und an der Bildung derselben teilnehmen.

Nach meinen Beobachtungen ist somit nicht nur jede

einzelne Zelle von einem perizellulären Netze umgeben, sondern sämtliche Netze sind außerdem noch vermittelst feiner Fäden eng mit einander verbunden und bilden somit gleichsam ein sehr großes Netz.

Es erübrigt nun noch die Frage zu entscheiden, in welcher Beziehung die perizellulären Netze zu den Spinalganglienzellen selbst stehen? Sind erstere unter der Zellkapsel angeordnet und stehen sie infolge dessen in direktem Kontakt mit den Zellen oder sind sie in der Bindegewebshülle der Zellen gelegen? S. R. y Cajal weist in seiner letzten Arbeit darauf hin, daß die perizellulären Netze unterhalb der Kapsel gelegen sind und der Zelle anliegen; an den gefensterten Zellen sind die perizellulären Netze nach seinen Beobachtungen außerhalb der subkapsulären Begleitzellen angeordnet und können infolge dessen nicht in Kontakt mit der Zelle stehen. Bisweilen schien es S. R. y Cajal, daß die perizellulären Netze nicht unterhalb, sondern oberhalb der Zellkapsel gelegen sind.

Beim Studium derjenigen meiner Präparate, welche eine recht vollständige Färbung der Endigungen sympathischer Fasern aufweisen, habe ich mich ohne besondere Mühe davon überzeugen können, daß die perizellulären Netze bei sämtlichen Zelltypen in der Bindegewebshülle einer jeden Zelle liegen und infolge dessen der betreffenden Zelle nicht unmittelbar anliegen können. Bei denjenigen Spinalganglienzellen, deren Nervenfortsatz sich in der Bindegewebshülle nicht windet und nicht in Äste spaltet, sich in ihr nicht verzweigt und keine Netze bildet (die einfachen Formen der Zellen des I und II Typus; einige Zellen des III, IV und anderer Typen) liegen viele Ästchen und Fäden des perizellulären Netzes unmittelbar der äußeren Oberfläche der Zellkapsel an. Dieses Verhalten ist besonders leicht in denjenigen Fällen zu konstatieren, wenn gleichzeitig mit dem perizellulären oder richtiger perikapsulären Netze sich auch die Zellkapsel schwach in Methylenblau gefärbt hat. In diesen Fällen ist es sehr deutlich zu erkennen, daß das Netz durch die Kapsel von der Zelle getrennt ist. Das-

selbe wird auch in dem Falle beobachtet, wenn die Zelle mehr oder weniger geschrumpft ist, infolge dessen sich die Bindegewebshülle mit dem in ihr befindlichen Netz deutlich abhebt. Ist die Kapsel ungefärbt und liegt die Hülle dicht der Zelle an, so wird im Gegenteil der Eindruck gewonnen, daß das Netz unmittelbar die Zelle berührt.

Bei den Zellen der übrigen Typen, deren Nervenfortsatz sich spiralförmig oder einige bezw. viele Male sich um die Zellen windet, oder sich verzweigt usw., teilen sich die Nervenästchen und Fäden, nachdem sie in die Hülle einer jeden Zelle hineingedrungen sind, zunächst allmählich und mehrfach in derselben; darauf verbinden sie sich miteinander und umflechten, wie es teilweise auf Fig. 86 ersichtlich ist, den Nervenfortsatz und dessen sämtliche Verzweigungen, sowie die Plättchen und Anschwellungen, in denen die Kollateralen, die vom Nervenfortsatz derselben Zelle abgehen, in der Bindegewebshülle endigen, sowie die Ästchen der Fortsätze anderer Zellen.

Bei diesen Zellen liegen nur wenige Fäden des perizellulären Netzes unmittelbar der äußeren Oberfläche der Zellkapsel an.

b) Die Nervenfasern der zweiten Art (Fig. 87, 88) gehören dünnen marklosen Fasern an, welche jedes Ganglion nach allen Richtungen durchziehen, sich auf ihrem Wege mehr oder weniger winden und allmählich in ebensolche zahlreiche markhaltige Äste zerfallen (Fig. 87). Einige derselben dringen in die Nervenfaserbündel, welche in den Ganglien aus den Nervenfortsätzen der Spinalganglienzellen entstehen, hinein und endigen entweder, wie weiter unten gezeigt werden soll, in ihnen oder verlassen die Bündel wieder früher oder später und verlaufen zwischen den Zellen (Fig. 87).

Von diesen Fasern sondern sich außerdem in der ganzen Ausdehnung derselben an den Ranvier'schen Schnürringen kurze Seitenästchen in Gestalt feiner markloser Fäden ab (Fig. 87).

Sämtliche Faserverzweigungen der zweiten Art verlieren schließlich nach kürzerem oder längerem Verlauf die Markscheide, und teilen sich in der Mehrzahl der Fälle sofort oder allmählich in mehrere (2—3 und mehr) feine Ästchen. Diese verlaufen in Windungen teilweise in den Bindegewebssepten zwischen den Spinalganglienzellen, teilweise umkreisen sie die Bindegewebshülle der letzteren, teilweise dringen sie schließlich in die Nervenfaserbündel, welche aus den Nervenfortsätzen der Spinalganglienzellen in den Ganglien gebildet werden, hinein und erstrecken sich in denselben bald mehr bald weniger weit (Fig. 87). Unterwegs geben sie beständig eine große Anzahl feinerer und kurzer Ästchen ab und zerfallen schließlich in mehrere ebensolche Ästchen. Alle diese Ästchen teilen sich ihrerseits in zahlreiche kurze und feine Fädchen, von denen sich eine große Zahl sehr kurzer Fädchen absondern, welche in kleinen blattförmigen Verbreiterungen endigen (Fig. 87, 88). Zwischen diesen letzteren sind häufig feine, die Verbreiterungen verbindende Fädchen ausgespannt.

Diese markhaltigen Fasern verwandeln sich somit nach Verlust der Markscheide in dünne Ästchen, welche in Apparaten endigen, die an einen kleinen Baum oder Strauch erinnern.

Die in der ganzen Ausdehnung der dünnen markhaltigen Fasern an den Ranvier'schen Schnürringen von ihnen abgehenden marklosen Seitenfäden oder Kollateralen sind von verschiedener, gewöhnlich geringer Länge und dringen wie die marklosen Ästchen, in welche die genannten Fasern zerfallen, in die Bindegewebssepta zwischen den Zellen und in die Nervenfaserbündel, welche in den Ganglien entstehen und zur Bildung der hinteren Wurzeln führen, hinein (Fig. 87).

Nach Verlauf einer verschieden langen Strecke teilt sich jede Kollaterale in mehrere sehr feine Fäden, diese verzweigen sich stark und zerfallen rasch in eine große Anzahl sehr dünner Fädchen. Die Enden der letzteren sind mit kleinen blattförmigen Verbreiterungen besetzt, infolge dessen die ganze Ver-

zweigung das Aussehen eines Bäumchens oder dichten Busches aufweist (Fig. 87, 88). Da die Bindegewebssepta zwischen den Spinalganglienzellen stellenweise sehr dünn sind, so liegen die Endverzweigungen einiger Fasern und ihrer Kollateralen bei ihrer Lagerung in den Septen gleichzeitig auch der äußeren Oberfläche der bindegewebigen Zellhülle an. Bisweilen berühren die Oberfläche dieser Hülle sogar mehrere der beschriebenen Apparate (Fig. 88), in welchen die Enden der Fasern selbst, als auch die von ihnen abgehenden Kollateralen endigen.

In diesen Fällen gewährt es häufig den Eindruck, als lägen die Endbäumchen in der Bindegewebshülle selbst; eine sorgfältigere Untersuchung jedoch ergibt, daß dieselben nur deren Außenfläche anliegen.

In jedem Ganglion ist gewöhnlich, wie es auch der auf Fig. 87 abgebildete unbedeutende Teil eines Gangliondurchschnittes dartut, nicht nur eine große Zahl von Fasern zweiter Art, sondern auch eine sehr große Zahl von den beschriebenen Apparaten vorhanden.

Die Fasern der zweiten Art gehören sicherlich nicht den sympathischen Fasern an. Zu gunsten dieser Annahme spricht erstens der Umstand, daß sie in dem Bindegewebsgerüst der Ganglien in baumförmigen und strauchförmigen Apparaten, deren Endästchen mit kleinen, verschiedengestalteten Plättchen oder Blättchen besetzt sind, endigen, während die Endigungen sympathischer Fasern mehr oder weniger dichte Netze darstellen; die letztere bildenden Fädchen sind äußerst dünn und mit verschieden großen Varikositäten besetzt. Zweitens zerfallen diese Fasern nach Verlust der Markscheide allmählich in zahlreiche nicht variköse Fäden, während die Verzweigungen der sympathischen Fasern, gleich diesen, so weit sie marklos sind, varikös erscheinen.

c) Außer den beschriebenen Fasern treten in die Spinalganglien noch Fasern ein (Fig. 89), welche entweder sich mit Methylenblau schwer färben oder in den Ganglien nur in geringer Zahl vorhanden sind, da sie zu sehen mir nur an wenigen Präparaten gelungen ist.

Sie stellen sich, soviel ich sehe, als dünne marklose Fasern dar, welche sich in den Bindegewebssepten zwischen den Zellen mehr oder weniger winden und sich bisweilen gabelförmig in 2—3 gleiche Ästchen teilen. Jede Faser zerfällt nach längerem oder kürzerem Verlauf in mehrere verhältnismäßig dicke Fäden, welche sich, wie es die Fig. 89 zeigt, mannigfach winden und alsbald in eine recht große Anzahl ebenfalls schlingenförmig gewundener und verhältnismäßig dicker Fädchen zerfallen. Letztere weisen gewöhnlich stellenweise Anschwellungen auf und endigen in verschieden großen und verschieden gestalteten (runden, keulenförmigen, unregelmäßig eckigen) Verdickungen (Fig. 89). Von diesen Fädchen sondern sich außerdem kurze Fädchen ab, die in derselben Weise endigen. Die Endverdickungen sind, soviel ich habe wahrnehmen können, mehr oder weniger abgeplattet und häufig durch äußerst feine Fädchen miteinander verbunden.

Die Verzweigungen, welche die Endapparate zusammensetzen, liegen nicht in einer Ebene, verflechten sich häufig untereinander, wobei die von ihnen gebildeten Apparate bald an die Nervenendigungen in den modifizierten Vater-Pacini'schen Körperchen, bald an baumförmige Verzweigungen erinnern. Sind die Bindegewebssepta, in denen sie liegen, sehr eng, so berühren die letzteren stellenweise augenscheinlich die Bindegewebshülle der Zellen. Alle diese Endapparate haben nach meinen Beobachtungen keine besondere Hülle.

Der Grund, welcher mich veranlaßte, diese Fasern getrennt von den weiter oben beschriebenen Fasern der zweiten Art zu betrachten, ist der, daß erstens diese Fasern wenigstens nach ihrem Eintritt in die Ganglien zum Unterschiede von den Fasern der zweiten Art nicht von einer Markscheide umgeben sind und keine Kollateralen abgeben, daß zweitens die Apparate, in denen diese Fasern endigen, sich durch einige charakteristische Eigentümlichkeiten von den Endapparaten, in denen die Fasern der zweiten Art endigen, unterscheiden und zwar dadurch, daß sie im allgemeinen aus dickeren, häufig miteinander durchflochtenen Fasern mit ver-

hältnismäßig großen Endverdickungen bestehen und in der Mehrzahl der Fälle eine größere Fläche einnehmen, als die Endverzweigungen der Fasern der zweiten Art.

Hinsichtlich der Frage über die Herkunft der Nervenfasern der zweiten und dritten Art kann ich nur aussagen, daß letztere augenscheinlich durch die zentralen Abschnitte der hinteren Wurzeln in die Spinalganglien eintreten, d. h. mit anderen Worten, daß sie zerebrospinaler Herkunft sind. Mir ist es mehr als einmal gelungen, wahrzunehmen, daß diese Fasern aus dem Ganglion in die Nervenbündel und -stämmchen, welche vorwiegend aus dünnen markhaltigen und marklosen Fasern bestehen, eintreten. In diese Bündel und Stämmchen dringen auch, wie es leicht festgestellt werden kann, die aus der T- oder Y-förmigen Teilung des Nervenfortsatzes der Spinalganglienzellen hervorgegangenen zentralen Äste hinein (Fig. 89).

Ob die Fasern der zweiten Art von gleicher Herkunft sind — worin ich nichts unwahrscheinliches finde — ist eine Frage, die für mich zunächst unentschieden bleibt.

Fasern, welche sich zwischen den Spinalganglienzellen verzweigen, sind bereits von mir (10) und G. Retzius (31) gesehen und beschrieben worden: S. R. y Cajal berichtet in seiner letzten Arbeit (6) desgleichen, daß in den Spinalganglien des Menschen besondere dünne, variköse Fasern vorkommen, welche sich schlingenförmig winden, wobei zwischen den von ihnen gebildeten Schlingen Anhäufungen von Kernen liegen. Bisweilen hat er wahrnehmen können, daß diese Fasern von dicken, markhaltigen Fasern abgehen und ebenfalls extrazelluläre Endverzweigungen bilden („placas ò arborizaciones terminales extracelulares"). Die von S. R. y Cajal beschriebenen Fasern sind offenbar den oben beschriebenen Fasern der zweiten oder dritten Art analog.

Schlußbetrachtungen.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Spinalganglienzellen verschiedener Typen, sowie die in den Ganglien endigenden Nervenfasern eine verschiedene Funktion haben. Welche physiologische Rolle alle diese Elemente ausüben und in welcher Beziehung dieselben zu einander stehen, sind Fragen, deren Entscheidung nur von der Zukunft erwartet werden kann. Hier will ich nur auf einige Schlußfolgerungen hinweisen, welche, meiner Ansicht nach, aus den angeführten Befunden hervorgehen.

1. In den Spinalganglien aller von mir untersuchten Tiere und des Menschen sind mindestens elf Typen von Zellen vorhanden, wobei zwischen den Zellen einzelner Typen, wenigstens in den Ganglien selbst, kein direkter Zusammenhang besteht.

2. Zu den konstanten Elementen in den Spinalganglien des Menschen und der Säugetiere gehören besondere multipolare Zellen, welche ich dem Typus XI zugerechnet habe. Von jeder Zelle dieses Typus entspringen außer dem Nervenfortsatz noch besondere Fortsätze, die ich als dendritenähnliche bezeichnet habe. Sie stellen teils markhaltige, teils marklose Fasern dar und verzweigen sich in dem bindegewebigen Gerüst der Ganglien (im interzellulären Bindegewebe und in der Ganglienhülle) und in den peripheren, sowie in den zentralen Abschnitten der hinteren Wurzeln (im Bindegewebe zwischen den Nervenstämmchen und innerhalb derselben). Alle Verzweigungen dieser Fortsätze endigen in verschiedenartigen eingekapselten und uneingekapselten Apparaten.

Diese Fortsätze sind den peripheren, bei der Teilung des Nervenfortsatzes der Spinalganglienzellen anderer Typen entstandenen Ästen analog und versorgen die Ganglien mit verschiedenartigen sensiblen Apparaten. Der Nervenfortsatz der multipolaren Zellen verläuft aller Wahrscheinlichkeit nach un-

geteilt zum Rückenmark und entspricht dem zentralen Teilast des Nervenfortsatzes anderer Zelltypen.

Den multipolaren Zellen stehen nahe die unipolaren Zellen des Typus VIII, deren Nervenfortsatz sich gabelförmig in zwei Äste teilt; diese werden früher oder später von einer Markscheide umgeben, wobei der eine Ast derselben sich im Bindegewebsgerüst der Ganglien und der hinteren Wurzeln verzweigt. Diese Verzweigungen endigen gleich den dendritenähnlichen Fortsätzen der Zellen des Typus XI in verschiedenen sensiblen Apparaten. Der andere Ast teilt sich augenscheinlich nicht im Ganglion und entspricht dem Nervenfortsatz der multipolaren Zellen, sowie dem zentralen bei der T-förmigen Teilung des Nervenfortsatzes von Zellen anderer Typen entstandenen Aste.

3. Einige der feinen, markhaltigen und marklosen, in den Ganglien sich verzweigenden Nervenfasern umwinden spiralförmig den Nervenfortsatz einzelner Zellen des Typus I auf einer geringeren oder größeren Strecke nach dem Austritt desselben aus der Bindegewebshülle der Zelle und endigen darauf in dem interzellulären Bindegewebe in keulenförmigen Verdickungen, Plättchen und baumförmigen Verzweigungen. Einige dieser Fasern dringen außerdem in die Bindegewebshülle der Zellen des Typus I, V (Varietät a und b) und VI ein, indem sie bisweilen (an den Zellen des Typus V) deren Nervenfortsatz spiralförmig umkreisen, und endigen in der Zellhülle in Plättchen und kleinen Verdickungen, welche (an den Zellen des Typus V und VI) mit dem von den Verzweigungen der Nervenfortsätze dieser Zellen gebildeten Netz in Berührung stehen. Diese Fasern müssen ihrem Charakter und ihrer Endigungsweise nach den langen Kollateralen der Zellen des Typus IV, oder den Verzweigungen des peripheren Fortsatzes des Typus VIII oder schließlich den dendritenähnlichen Fortsätzen des Typus XI zugerechnet werden.

4. Die sympathischen Nervenfasern, welche sich in den Spinalganglien verzweigen, endigen in sog. perizellulären Netzen. Letztere sind in der Bindegewebshülle der Zellen gelegen; je nach dem Typus der Zellen liegen sie entweder der Zellkapsel

an oder umflechten außerdem noch die Windungen oder Verzweigungen des Nervenfortsatzes, sowie die in der Hülle eingelagerten Apparate, in denen Kollateralen oder Ästchen jenes Fortsatzes oder die Verzweigungen der Fortsätze von Zellen anderer Typen endigen. Die perizellulären Netze sind um alle Spinalganglienzellen ohne Ausnahme vorhanden und bilden, indem sie sich miteinander vermittelst feiner Fäden verbinden, in jedem Ganglion gleichsam ein allgemeines Netz.

5. Außer den sympathischen Fasern treten in die Ganglien noch andere markhaltige und marklose Fasern hinein, welche in baum- oder strauchförmigen Verzweigungen auf der äußeren Oberfläche der Bindegewebshülle der Spinalganglienzellen und in den, teils von den Nervenfortsätzen der Zellen, teils von den aus der T-förmigen Teilung dieser Fortsätze entstandenen Ästen gebildeten Faserbündeln endigen. Über den Ursprung dieser Fasern läßt sich vorläufig nichts bestimmtes aussagen, man darf aber mit einiger Wahrscheinlichkeit ihre zerebrospinale Entstehung annehmen.

6. Im zentralen Abschnitt der hinteren Wurzeln sind nicht nur die aus der T- oder Y-förmigen Teilung der Nervenfortsätze der Spinalganglienzellen hervorgegangenen zentralen Äste, sondern auch die Verzweigungen peripherer und dendritenähnlicher Fortsätze der Zellen des Typus VIII und XI, sowie wahrscheinlich Fasern des zerebrospinalen Nervensystems, welche in den Ganglien endigen, vorhanden.

7. Die Regeneration der sensiblen Nervenfasern geht nicht von den alten bereits vorhandenen Zellen aus, sondern von jungen Spinalganglienzellen, welche von den in den Ganglien verbliebenen Keimen hervorgehen und allmählich die absterbenden oder bereits zu Grunde gegangenen Spinalganglienzellen ersetzen.

Die vorliegende Untersuchung der Spinalganglien der höheren Wirbeltiere erschöpft natürlich noch lange nicht die Frage über den feineren Bau derselben, mir scheint es jedoch, daß dieselbe wenigstens die Entscheidung dieser Frage um einen Schritt weiter bringt und den Anstoß zu weiteren detaillierteren, fruchtbringenden Forschungen geben wird.

WELLCOME LIBRARY

Figurenerklärung.

Sämtliche Figuren sind mit Hilfe des Zeichenapparates von Abbé von Präparaten der Ganglien des Pferdes mit (Ausnahme der Fig. 16) ausgeführt worden.

Bedeutung der in den Figuren angegebenen Buchstaben:

a — Zellkapsel.
a′ — Zellen, welche die Innenfläche der Kapsel auskleiden.
b — Bindegewebshülle der Zelle.
b′ — Zellen der Bindegewebshülle.
b″ — Fortsetzung der Bindegewebshülle der Zelle.
c — Zentrale, aus der Y- oder T-förmigen Teilung der Nervenfortsätze hervorgegangene Äste.
d — Dendriten.
d′ — Dendritenähnliche Fortsätze.
k — Kollateralen (Seitenästchen).
m — Markscheide.
n — Nerven- oder Hauptfortsatz.
n′ — Anastomosen.
n_1 — Nervenfasern, welche in verschiedenen sensiblen Apparaten endigen.
n_2 — Nervenfasern zweiter Art.
n_3 — Nervenfasern dritter Art.
p — Peripherische, aus der T- oder Y-förmigen Teilung der Nervenfortsätze hervorgegangene Äste.
sn — Sympathische Nervenfasern.

Fig. 1 und 2. Neurofibrillennetz in den Spinalganglienzellen des Pferdes. Fig. 1 nach einem Präparat, welches nach dem von Tomaselli modifizierten Verfahren von Donaggio behandelt worden ist. Zeiß Apochromat 2,0 mm, Kompens.-Ok. 4. Fig. 2 nach einem Präparat, welches nach dem Verfahren von S. R. y Cajal behandelt ist. Zeiß Apochromat 2,0 mm, Kompens.-Ok. 4.

Fig. 3. Spinalganglienzelle mit der Kaspel und der Bindegewebshülle. Flemmings Gemisch; Alaunhämatoxylin. Zeiß Apochromat 2,0 mm, Kompens.-Ok. 4.

Fig. 4—11. Spinalganglienzellen des Typus I. Fig. 4—6 einfache Formen — Zeiß Obj. E, Ok. 2; Fig. 7—10 komplizierte Formen — Zeiß Obj. DD, Ok. 4; Fig. 11 Zelle, deren Nervenfortsatz sich in der Bindegewebshüile in einen peripheren und einen zentralen Ast teilt — Zeiß Obj. DD, Ok. 4.

Fig. 12—15 A und B. Spinalganglienzellen des Typus II, Varietät a; Fig. 12 und 15 B — Zeiß Obj. D, Ok. 4; Fig. 13—15 A — Zeiß Obj. E, Ok. 3.

Fig. 16, 17. Spinalganglienzellen des Typus II vom Menschen (16) und vom Pferde, Varietät b; Fig. 16 — Zeiß homog. Immers. $^1/_{12}$, Ok. 2; Fig. 17 — Zeiß Obj. E, Ok. 3.

Fig. 18—20. Spinalganglienzellen des Typus II, Varietät c; Fig. 18, 20 — Zeiß Obj. DD, Ok. 3; Fig. 19 — Zeiß Obj. E, Ok. 3.

Fig. 21 und 22. Spinalganglienzellen des Typus III. Zeiß Obj. E, Ok. 3.

Fig. 23—25. Spinalganglienzellen des Typus IV. Zeiß Obj. D, Ok. 3.

Fig. 26—35. Spinalganglienzellen des Typus V, Varietät a; Fig. 26, 34, 35 — Zeiß Obj. C, Ok. 2; Fig. 27, 28, 33 — Zeiß Obj. D, Ok. 3; Fig. 29 — Zeiß Obj. E, Ok. 3; Fig. 30—32 — Zeiß Obj. E, Ok. 2.

Fig. 36—44. Spinalganglienzellen des Typus V, Varietät b; Fig. 36, 37 einfache Formen; Fig. 36 — Zeiß Obj. E, Ok. 2; Fig. 37 — Zeiß Obj. DD, Ok. 4; Fig. 38—40 komplizierte Formen; Fig. 38, 39 — Zeiß Obj. DD, Ok. 4; Fig. 41—44 Zellen mit zwei Nervenfortsätzen; Fig. 41 — Zeiß Obj. DD, Ok. 4; Fig. 42 — Zeiß Obj. E, Ok. 4; Fig. 43 — Zeiß Obj. D, Ok. 3, halbausgezogener Tubus; Fig. 44 — Zeiß Obj. E, Ok. 2.

Fig. 45. Spinalganglienzelle des Typus V, Varietät c. Zeiß Obj. E, Ok. 2.

Fig. 46, 47. Spinalganglienzellen des Typus VI, Varietät a; Fig. 46 — Zeiß Obj. D, Ok. 3; Fig. 47 — Zeiß Obj. E, Ok. 2.

Fig. 48, 49. Spinalganglienzellen des Typus VI, Varietät b. Zeiß Obj. E, Ok. 3.

Fig. 50. Spinalganglienzelle des Typus VI, Varietät c. Zeiß Obj. E, Ok. 3, halbausgez. Tubus.

Fig. 51, 52. Spinalganglienzellen des Typus VI, Varietät d. Auf Fig. 51 ist ein markloser Faden sichtbar, welcher in einer Verdickung in der Bindegewebshülle der Zelle endigt. Zeiß Obj. E, Ok. 4; Fig. 52 — Zeiß Obj. DD, Ok. 4, halbausgez. Tubus.

Fig. 53. Spinalganglienzelle des Typus VII. Zeiß homog. Immers. $^1/_{12}$, Ok. 2.

Fig. 54—56. Spinalganglienzellen des Typus VIII; Fig. 54 — Zeiß Obj. D, Ok. 2; Fig. 55, 56 — Zeiß Obj. C, Ok. 3.

Fig. 57, 58. Spinalganglienzellen des Typus IX; Fig. 57 — Zeiß Obj. C, Ok. 3; Fig. 58 — Zeiß Obj. D, Ok. 3.

Fig. 59—61. Spinalganglienzellen des Typus X; Fig. 59, 60 — Zeiß Obj. E, Ok. 4; Fig. 61 — Zeiß homog. Immers. $^1/_{12}$, Ok. 2.

Fig. 62, 63. Spinalganglienzellen des Typus XI, Varietät a; Fig. 62 — Zeiß Obj. D, Ok. 3; Fig. 63 — Zeiß Obj. C, Ok. 2.

Fig. 64. Spinalganglienzelle des Typus XI, Varietät b. Zeiß Obj. D, Ok. 2.

Fig. 65. Spinalganglienzelle des Typus XI, Varietät c. Zeiß Obj. C, Ok. 2. Sämtliche Figuren mit Ausnahme von Fig. 62 sind von

Totalpräparaten der Ganglien (vgl. Untersuchungsmethoden) ausgeführt worden.

Fig. 66 A und B. Gruppe von Spinalganglienzellen des Typus VIII und XI. Ganglientotalpräparat. Fig. B stellt die Fortsetzung von Fig. A dar. Zeiß Obj. C, Ok. 2.

Fig. 67. Markhaltige Nervenfasern, welche in den Nervenstämmchen der hinteren Wurzeln in einem eingekapselten Plättchen und einer Verdickung endigen. Zeiß Obj. DD, Ok. 2.

Fig. 68. Markhaltige Faser und marklose Fäden, welche in der Bindegewebshülle einer Zelle des Typus I in einem Plättchen und in leicht abgeplatteten Anschwellungen endigen. In der Hülle sind außerdem feine variköse Fäden (Verzweigungen sympathischer Fasern) sichtbar. Zeiß Obj. E, Ok. 2.

Fig. 69, 70. Markhaltige Fasern, welche in der Bindegewebshülle von Zellen des Typus V in Plättchen endigen. In einem Plättchen (Fig. 69) sind Neurofibrillen sichtbar. Zeiß homog. Immers. $^1/_{12}$, Ok. 2.

Fig. 71. Eine markhaltige Nervenfaser, welche einen Nervenfortsatz einer Spinalganglienzelle umkreist. Zeiß Obj. E, Ok. 2.

Fig. 72. Marklose Nervenfäden und eine markhaltige Faser, welche an verschiedenen Stellen den Nervenfortsatz einer Zelle des Typus I umgeben und in dem interzellulären Bindegewebe in Plättchen und Verdickungen endigen. Die markhaltige Faser verliert vorher die Markscheide. Zeiß Apochrom. 2,0 mm, Kompens.-Ok. 4.

Fig. 73. Markhaltige Fasern, welche den Nervenfortsatz einer Zelle des Typus I umgeben und unmittelbar unterhalb der Hülle des Ganglions in baumförmigen Verzweigungen endigen. Zeiß Obj. E, Ok. 2.

Fig. 74 A und B. Markhaltige Fasern, welche in der Bindegewebshülle des Ganglion in verschiedenartigen Plättchen endigen. Zeiß Obj. DD, Ok. 4.

Fig. 75 A und B. Verzweigungen einer markhaltigen Faser in der Bindegewebshülle des Ganglion und deren baumförmige Endverzweigungen und kleine Endplättchen. Teil eines Längsschnittes durch ein Ganglion. B eine markhaltige Faser, welche in der Ganglienhülle in Gruppen von Plättchen endigt. Zeiß Obj. DD, Ok. 4.

Fig. 76. Verzweigungen einer markhaltigen Faser, welche in der Bindegewebshülle des Ganglions in baumförmigen Verzweigungen endigt. Totalpräparat eines Ganglions — Zeiß Obj. C, Ok. 2.

Fig. 77. Markhaltige Fasern, welche in einem Nervenstämmchen der hinteren Wurzel (am Ganglionpole) in modifizierten Vater-Pacinischen Körperchen endigen. Zeiß Obj. A, Ok. 4.

Fig. 78. Teil eines Querschnittes des N. alveolaris des Pferdes. In den Nervenstämmchen (l) sind modifizierte Vater-Pacinische Körperchen

(i) sichtbar. Flemmings Gemisch, Alaunhämatoxylin. Zeiß Obj. Apochrom. 16,0, Apert. 0.30.

Fig. 79 A und B. Nervenfasern, welche in besonderen Nervenknäueln erster Art endigen; Fig. A — Zeiß Obj. A, Ok. 4; Fig. B — Zeiß Obj. C, Ok. 3.

Fig. 80. Eine markhaltige Nervenfaser, welche in einem eingekapselten Nervenknäuel (f) zweiter Art im zentralen Abschnitt einer hinteren Wurzel an der Eintrittsstelle (e) derselben in das Rückenmark endigt. Teil der hinteren Wurzel. Totalpräparat eines Ganglion. Zeiß Obj. A, Ok. 4.

Fig. 81. Markhaltige Nervenfasern, welche in der Bindegewebshülle (g) eines Spinalganglion, zwischen den Nervenstämmchen (h) und in denselben in typischen baumförmigen Verzweigungen endigen. Teil eines Längsschnittes. Zeiß Obj. C, Ok. 3.

Fig. 82. Sympathische Nervenfasern, welche in perizellulären Netzen in der Bindegewebshülle von Spinalganglienzellen verschiedener Typen endigen. Zeiß Obj. C, Ok. 3.

Fig. 83—85. Sympathische Nervenfasern, welche in perizellulären Netzen um einzelne Spinalganglienzellen endigen; Fig. 83, 84 — Zeiß Obj. E, Ok. 3 und Ok. 2; Fig. 85 — Zeiß Obj. DD, Ok. 4.

Fig. 86. Eine Zelle des Typus V (komplizierte Form der Varietät b). Die Verzweigungen des Nervenfortsatzes der Zelle werden von Verzweigungen sympathischer Fasern umflochten, die in der Bindegewebshülle endigen. Zeiß Obj. DD, Ok. 4.

Fig. 87. Nervenfasern den zweiten Art, welche im Ganglion in baumförmigen und strauchförmigen Verzweigungen endigen. o-Nervenfaserbündel, welche im Ganglion aus den Nervenfortsätzen der Spinalganglienzellen entstehen. Teil eines Längsschnittes. Zeiß Obj. A, Ok. 4.

Fig. 88. Baumförmige Endverzweigungen von Nervenfasern zweiter Art auf der Außenfläche der Bindegewebshülle einer Spinalganglienzelle. Zeiß Obj. C, Ok. 4.

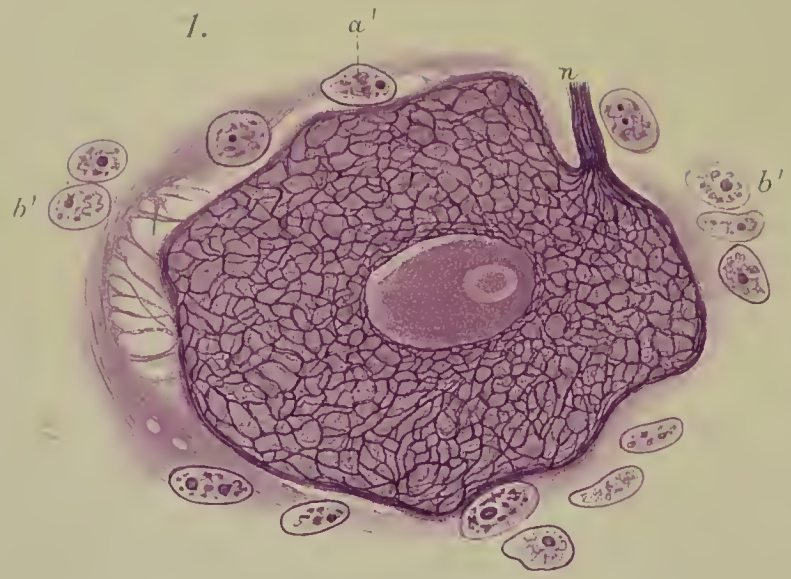
Fig. 89. Endverzweigungen von Nervenfasern dritter Art. o—Nervenfaserbündel, welche im Ganglion aus Nervenfortsätzen von Spinalganglienzellen entstehen. Diese Bündel treten nach ihrer Vereinigung in den zentralen Abschnitt der hinteren Wurzeln ein. Teil eines Längsschnittes. Zeiß Obj. C, Ok. 2.

Literaturverzeichnis.

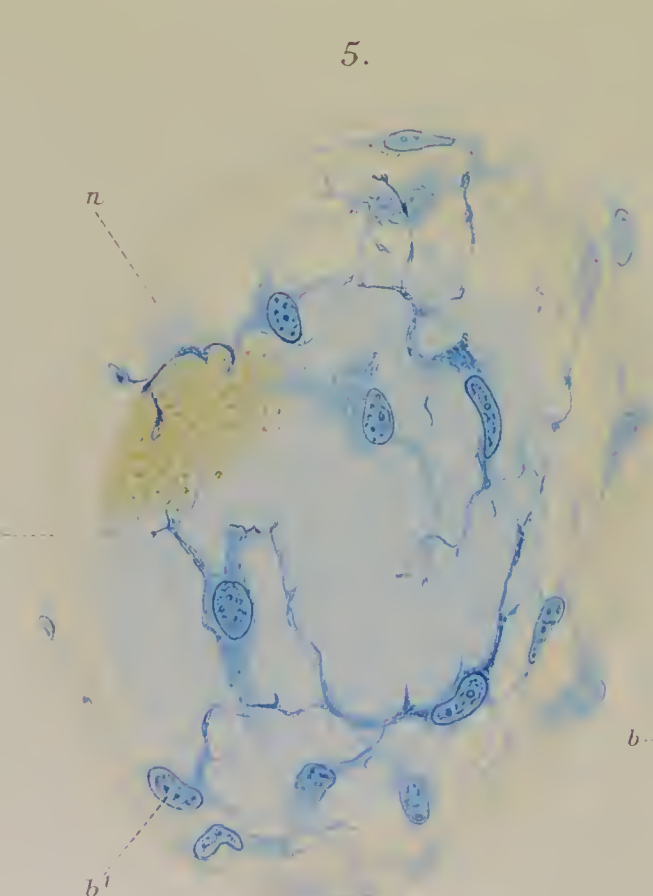
1. Bühler: Untersuchungen über den Bau der Nervenzellen. Verh. phys.-med. Ges. Würzburg, Bd. 31, N. F., Nr. 8, 1898.
2. S. Ramón y Cajal: Los ganglios y plexos nerviosos del intestino de los mamiferos y pequenas adiciones à nuestros trabajos sobre la médula y gran simpatico general. Madrid, 1893.
3. — — Los ganglios sensitivos craneales de los mamiferos. Revista Trimestral Micrografica. Madrid, 1897.
4. — — Un sensillo metodo de coloracion del reticulo protoplasmatico y sus efectos en los diversos centros nerviosos de vertebrados é invertebrados. Trabajos del Laboratorio de Investigaciones Biologicas de la Universidad de Madrid. T. II, F. 4, 1903.
5. — — Algunos métodos de coloración de los cilindros-ejes, neurofibrillas y nidos nerviosos. Trab. d. Lab. de Invest. Biol. T. IV, F. 1, 1904.
6. — — Tipos celulares de los ganglios sensitivos del hombre y mamiferos. Trab. d. Lab. d. Invest. Biol. T. IV, F. 1—2, 1905.
7. — — Die histogenetischen Beweise der Neuronentheorie von His und Forel. Anat. Anzeiger, Bd. XXX, No. 5—6, 1907.
8. J. Disse: Über die Spinalganglien der Amphibien. Verhandl. der Anat. Gesellschaft Göttingen. 1893.
9. A. S. Dogiel: Der Bau der Spinalganglien bei den Säugetieren. Anat. Anzeiger, Bd. XII, 1896.
10. — — Zur Frage über den feineren Bau der Spinalganglien und deren Zellen bei Säugetieren. Internat. Monatsschr. f. Anatomie und Physiologie, Bd. XVI, 1897.
11. — — Zur Frage über den Bau der Spinalganglien beim Menschen und bei den Säugetieren. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol., Bd. XV, 1898.
12. — — Über die Nervenendapparate in der Haut des Menschen. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. LXXV, H. 1, 1903.
13. — — Über die Nervenendigungen in den Grandry'schen und Herbst-schen Körperchen usw. Anat. Anzeiger, Bd. XXV, 1904. Der fibrilläre Bau der Nervenendapparate in der Haut des Menschen usw. Anat. Anzeiger, Bd. XXVII, 1905.

14. A. S. Dogiel: Zur Frage über den fibrillären Bau der Sehnenspindeln usw. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. 67, 1906. Die Endigungen der sensiblen Nerven in den Augenmuskeln und deren Sehnen beim Menschen und Säugetieren. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. 68, 1906.
15. A. Donaggio: Il reticulo fibrillare endocellulare e il cilindrasse della cellula nervosa dei vertebrati e metodi varii di colorazione elettiva del reticulo endocellulare e del reticulo periferico basati sull'azione della piridina sul tessuto nervoso. Rivista sperimentale di freniatria, Vol. XXX, fasc. II°, 1902.
16. A. P. Dustin: Contribution à l'étude de l'influence de l'age et de l'activité fonctionnelle sur le neurone. 1906.
17. E. Holmgren: Zur Kenntnis der Spinalganglienzellen von Lophius piscatorius Lin. Anatomische Hefte, I. Abt., H. XXXVIII, Bd. XII, 1899.
18. M. v. Lenhossék: Untersuchungen über die Spinalganglien des Frosches. Archiv f. mikrosk. Anatomie, Bd. 26, 1886.
19. — — Zur Kenntnis der Spinalganglien. Beiträge zur Histol. des Nervensystems und d. Sinnesorgane. 1894.
20. — — Zur Kenntnis der Spinalganglien. Archiv f. mikrosk. Anatomie, Bd. 69, 1906.
21. G. Levi: Beitrag zur Kenntnis der Struktur des Spinalganglions. Anat. Anzeiger, Ergänzungsh. zu Bd. 27, 1905.
22. — — La struttura dei gangli cerebro-spinali dei Cheloni. Monitore Zoologico Italiano, Anno XVII, No. 4, 1906.
23. — — La struttura dei gangli cerebro-spinali nei Selaci e nei Teleostei. Monitore Zool. Ital., Anno XVII, No. 8, 1906.
24. — — Struttura et istogenesi dei gangli cerebro-spinali dei Mammiferi. Anat. Anzeiger, Bd. XXX, No. 7—8, 1907.
25. M. Mühlmann: Weitere Untersuchungen über die Veränderungen der Nervenzellen in verschiedenem Alter. Archiv f. mikroskopische Anatomie, Bd. 58, 1901.
26. J. Nageotte: Régénération collatérale de fibres nerveuses terminées par des massues de croissance, a l'état pathologique et a l'état normal; lésions tabétiques des racines médullaires. Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière. 1906.
27. — — Greffe de ganglions rachidiens, survie des élements nobles et transformation des cellules unipolaires en cellules multipolaires. Comptes rendus des séances de la Société de Biologie, T. LXII, 1907.
28. — — Deuxième note sur la greffe des ganglions rachidiens; types divers des prolongements nerveux néoformés, comparaison avec certaines dispositions normales ou considerées comme telles; persistance des éléments pericellulaires dans les capsules vides aprés phagocytose des cellules nerveuses mortes. Comptes rendus des séances de la Société de Biologie. T. LXII, 1907.

29. Pilcz: Beitrag zur Lehre von der Pigmententwicklung in den Nervenzellen. Arbeiten aus dem Institut von Obersteiner, Bd. III, 1895.
30. G. Retzius: Untersuchungen über die Nervenzellen der cerebrospinalen Ganglien und der übrigen peripherischen Kopfganglien. Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abt., 1880.
31. — — Weiteres zur Frage von den freien Nervenendigungen und anderen Strukturverhältnissen in den Spinalganglien. Biolog. Unters., N. F., Bd. IX, 1900.
32. Rosin und Fenyvessy: Über das Lipochrom der Nervenzellen. Virchow's Archiv, 1900.
33. P. Schiefferdecker: Neurone und Neuronenbahnen. Leipzig, 1906.
34. A. Spirlas: Zur Kenntnis der Spinalganglien der Säugetiere. Anat. Anzeiger, Bd. II, No. 21, 1896.
35. A. Tomaselli: Una modificazione al metodo del Donaggio, per la colorazione delle cellule nervose. Zeitschrift für wissensch. Mikroskopie u. f. mikrosk. Technik, Bd. XXIII, H. 4, 1906.


1.
a'
n
b'
b'

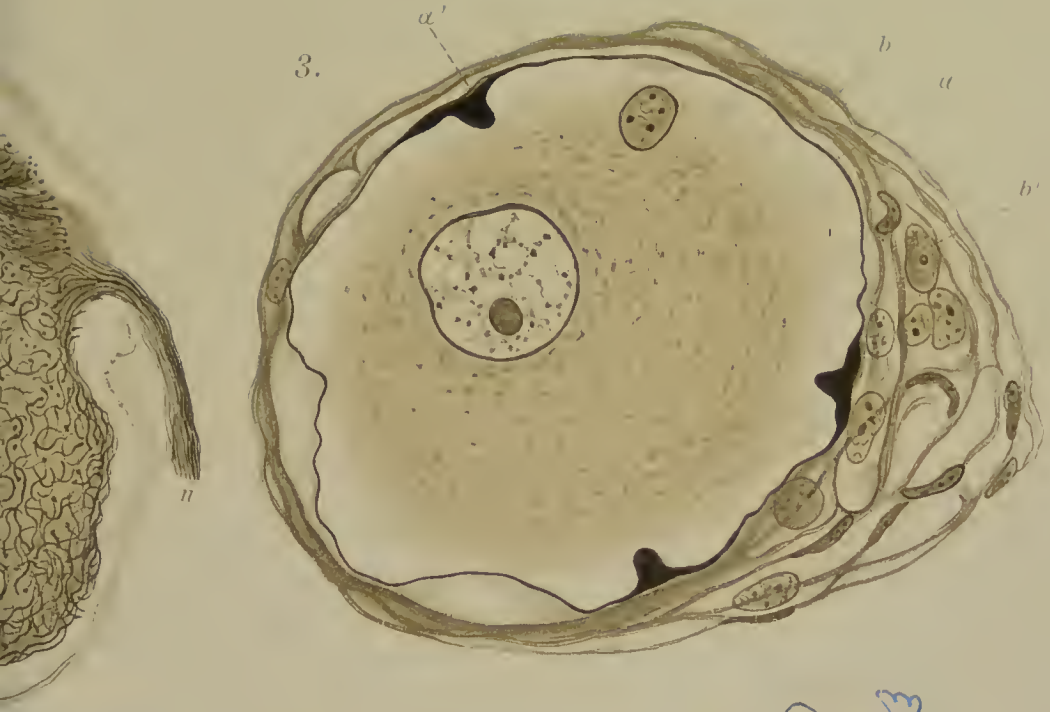
2.


5.
n
b'

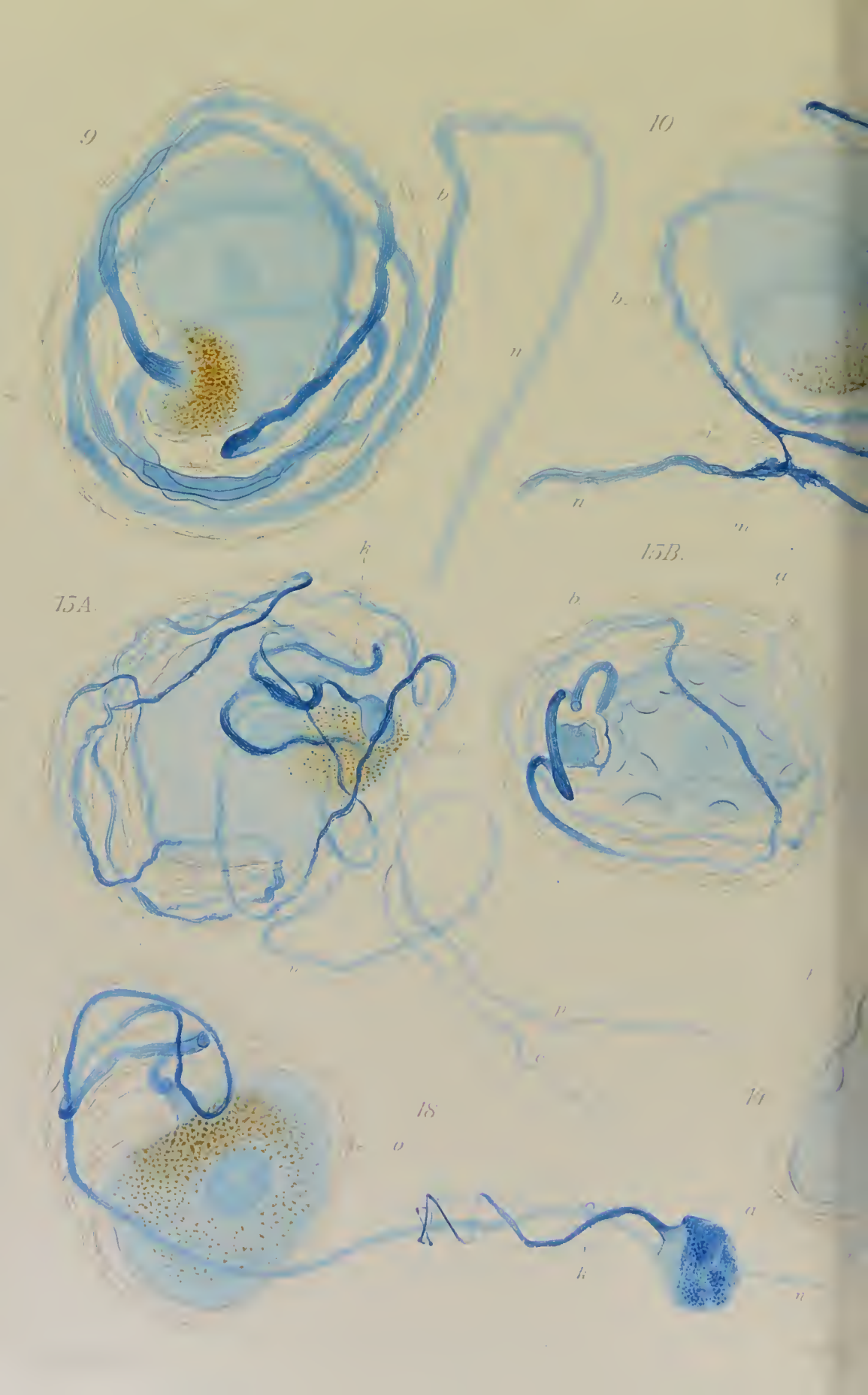
4.
n
b''
a
b'
b

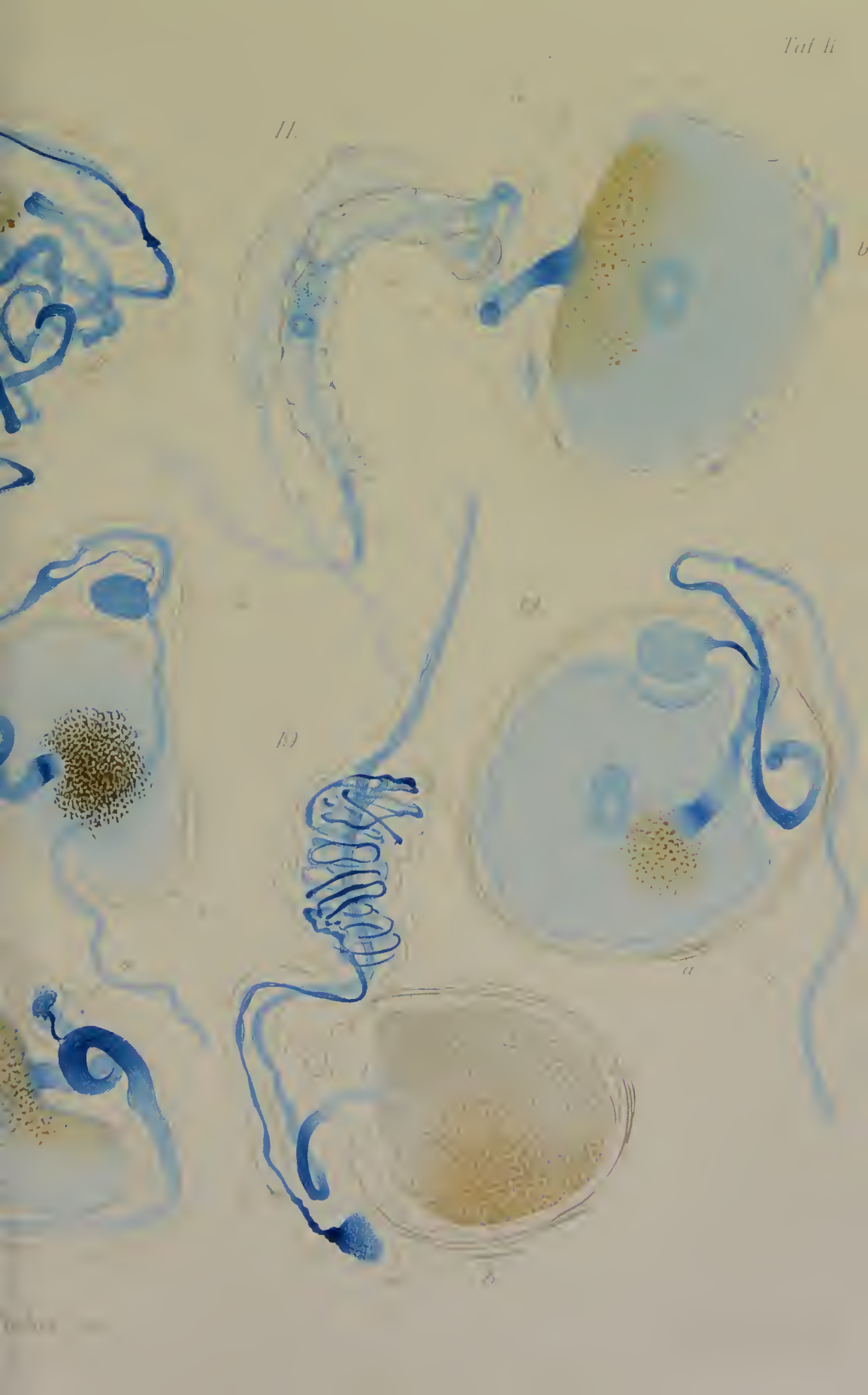
6.
b

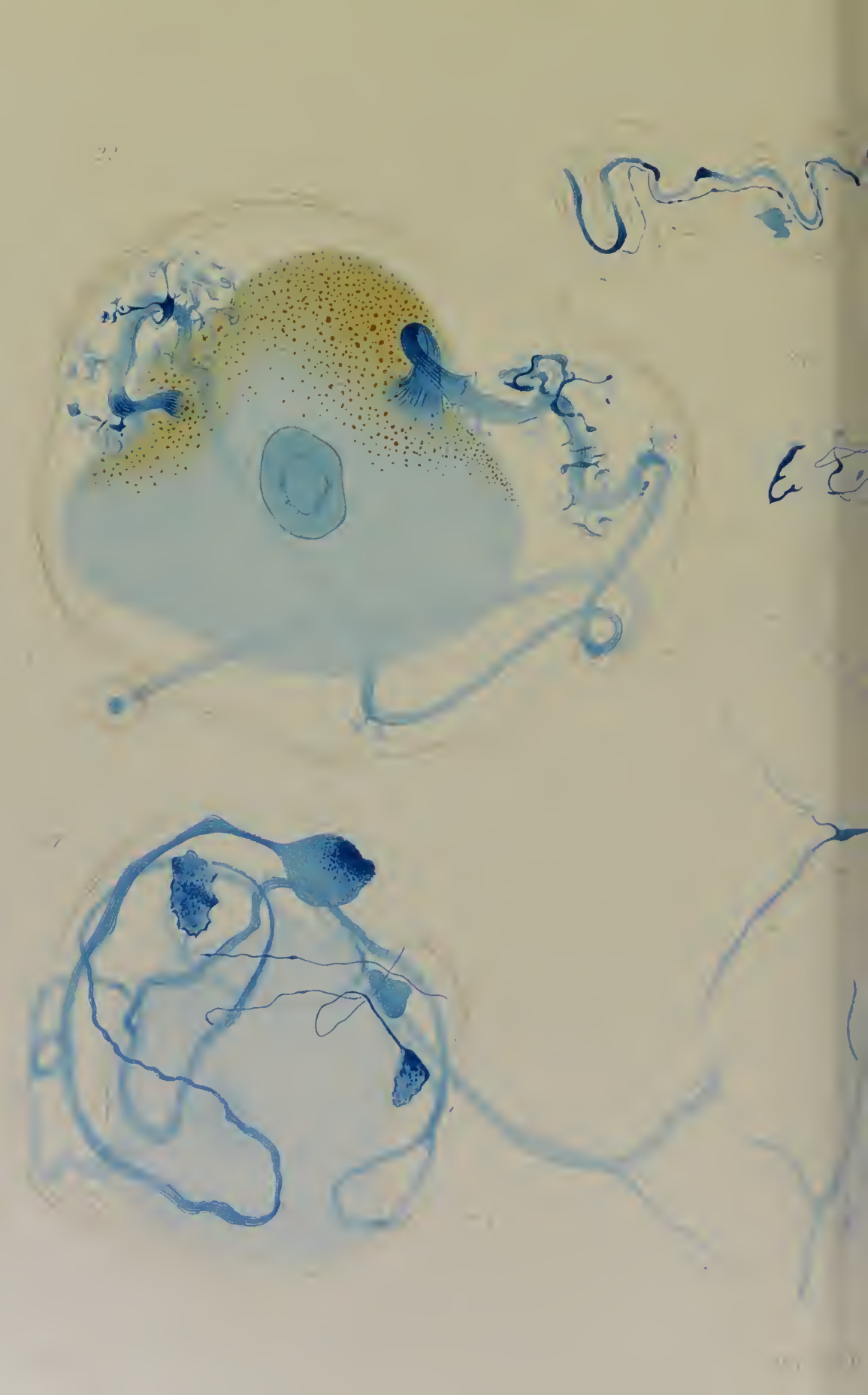
3.

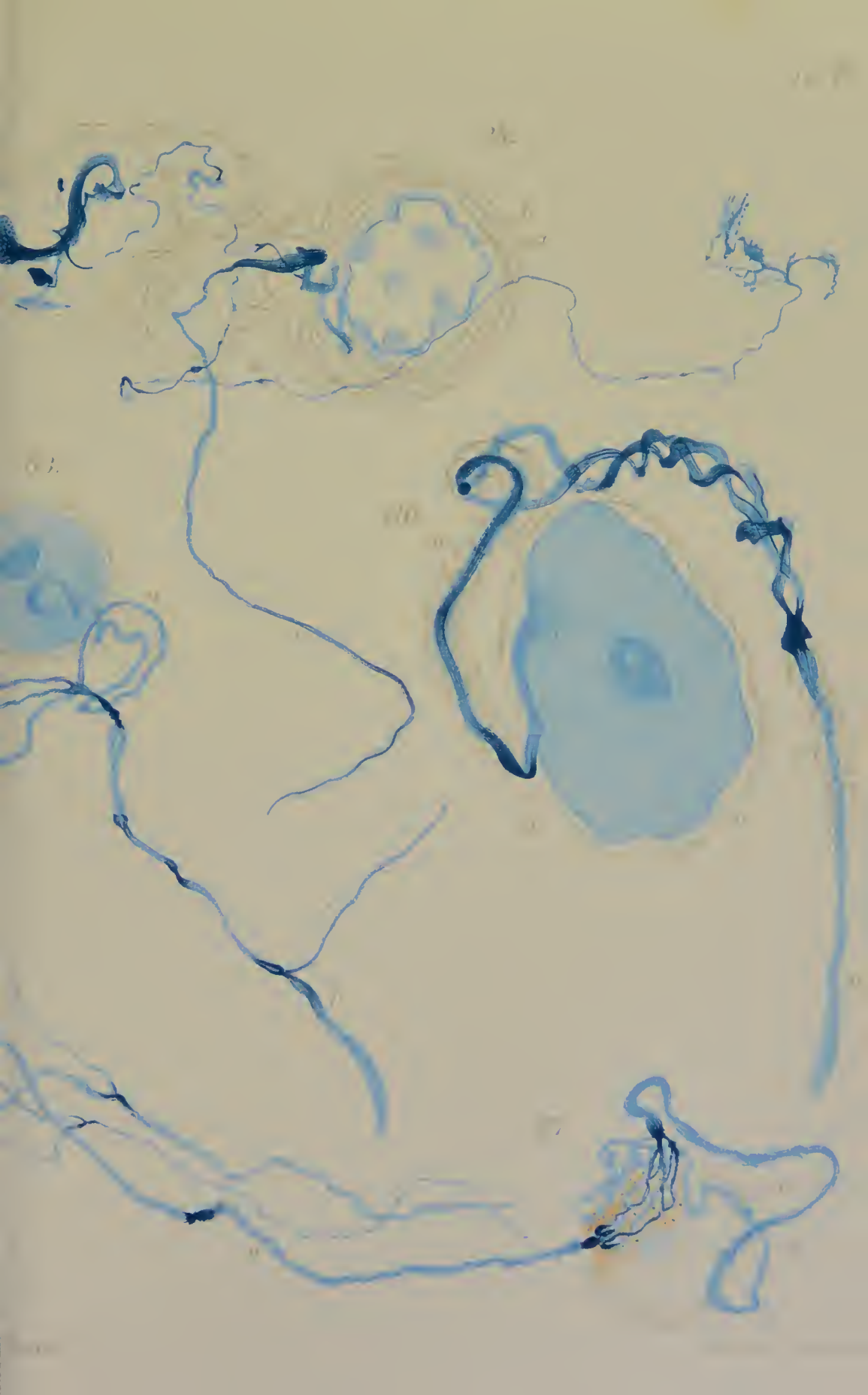


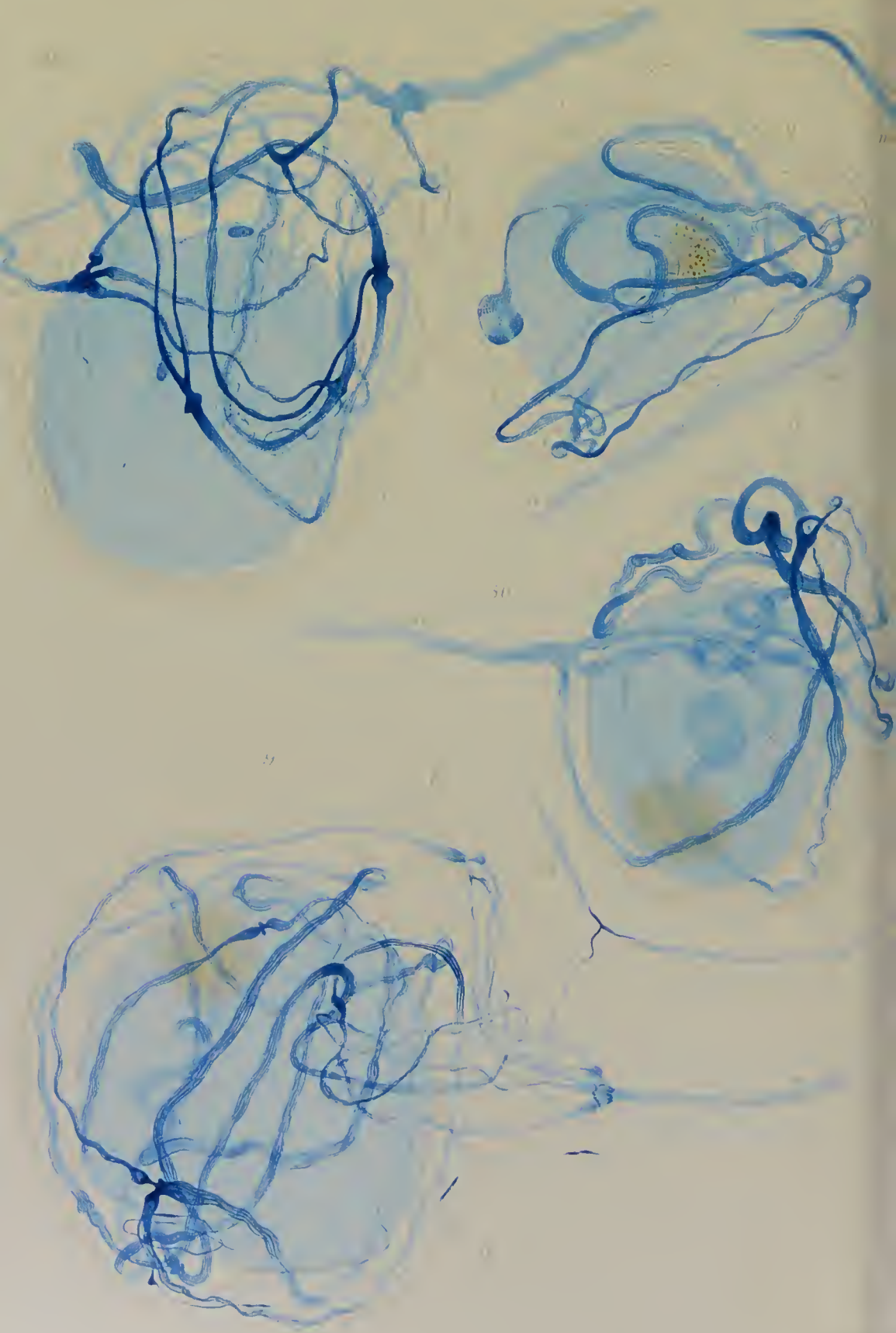
7.

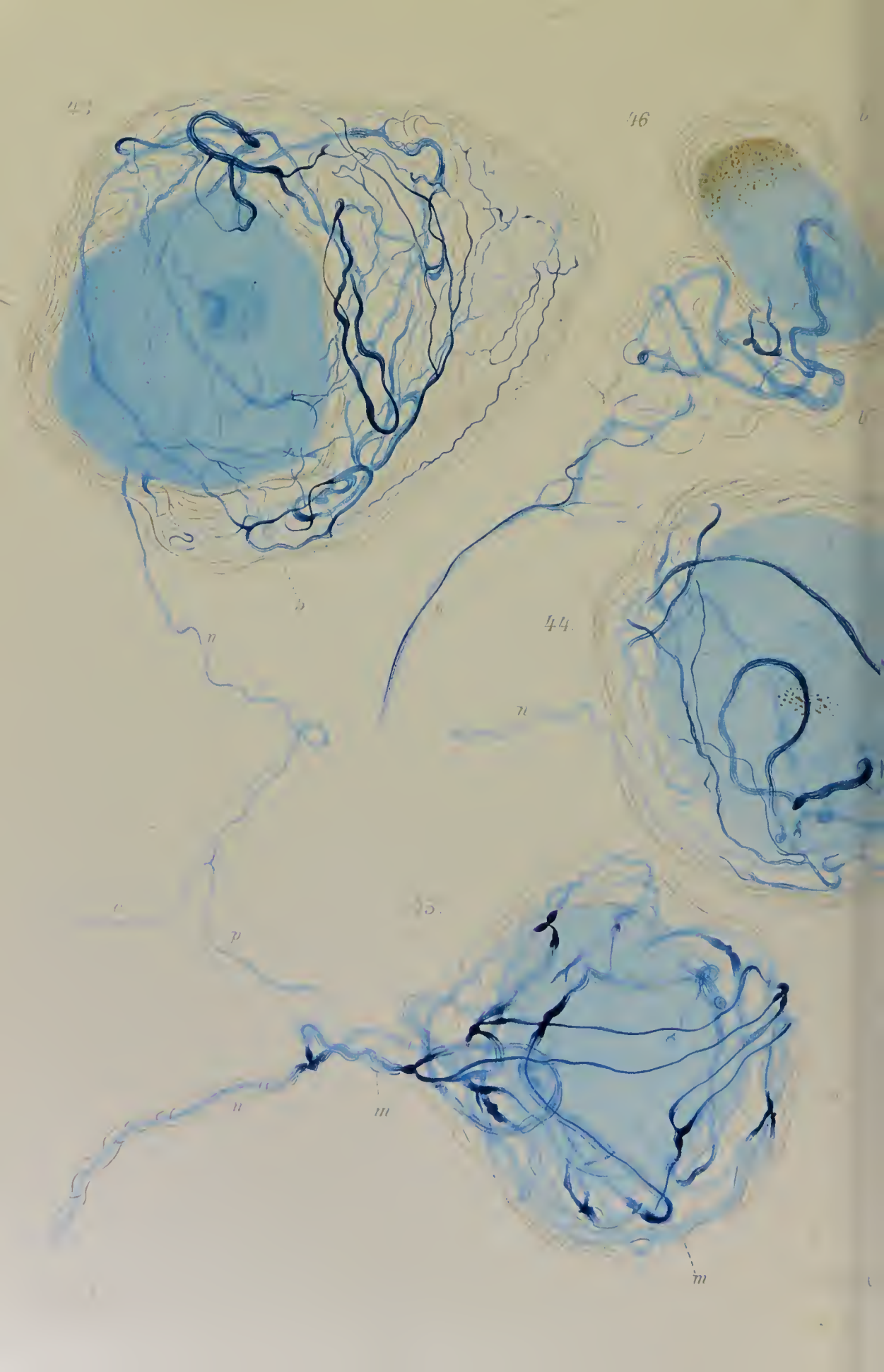

9
10
15A.
15B.
18
11

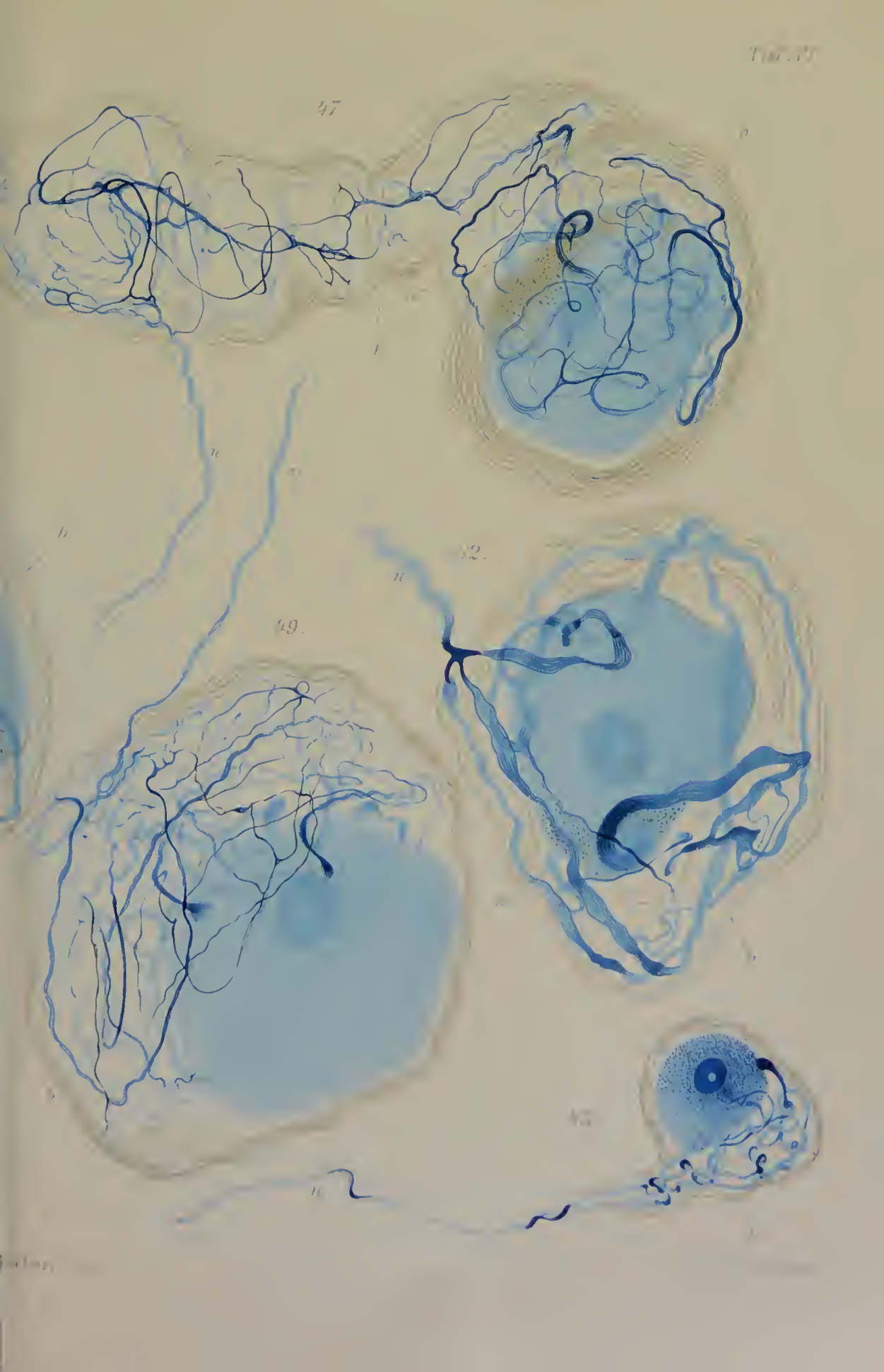


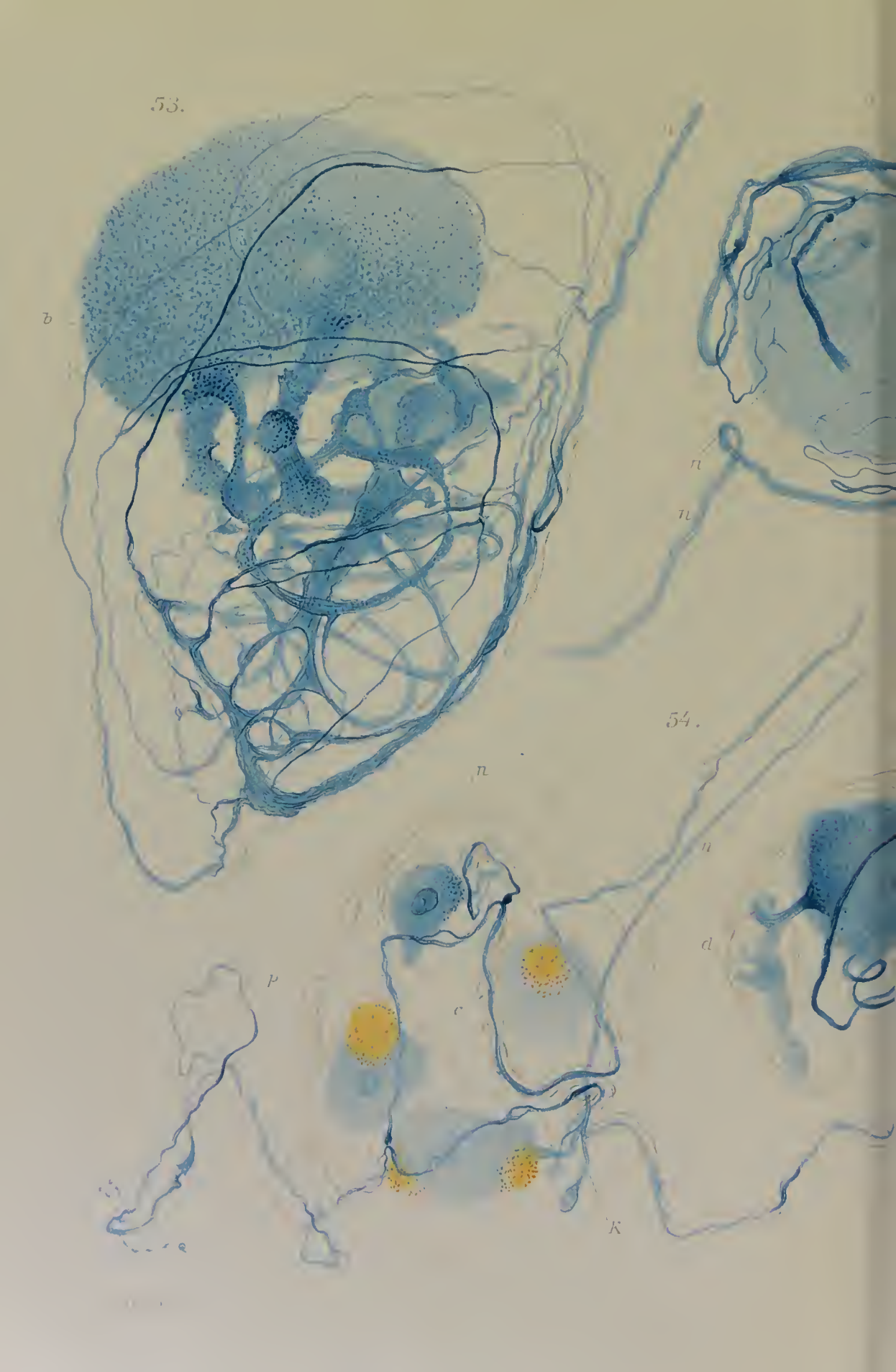


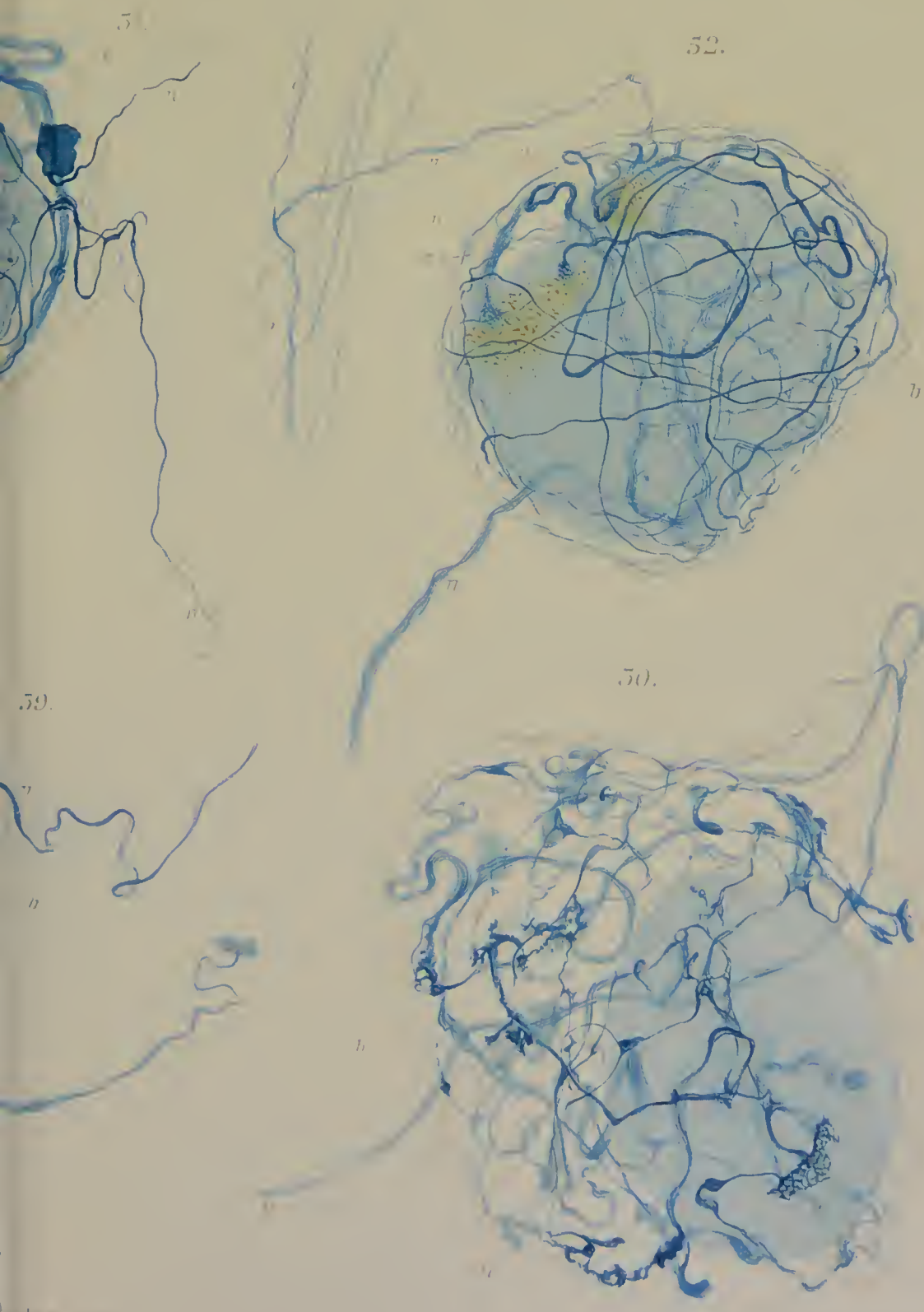


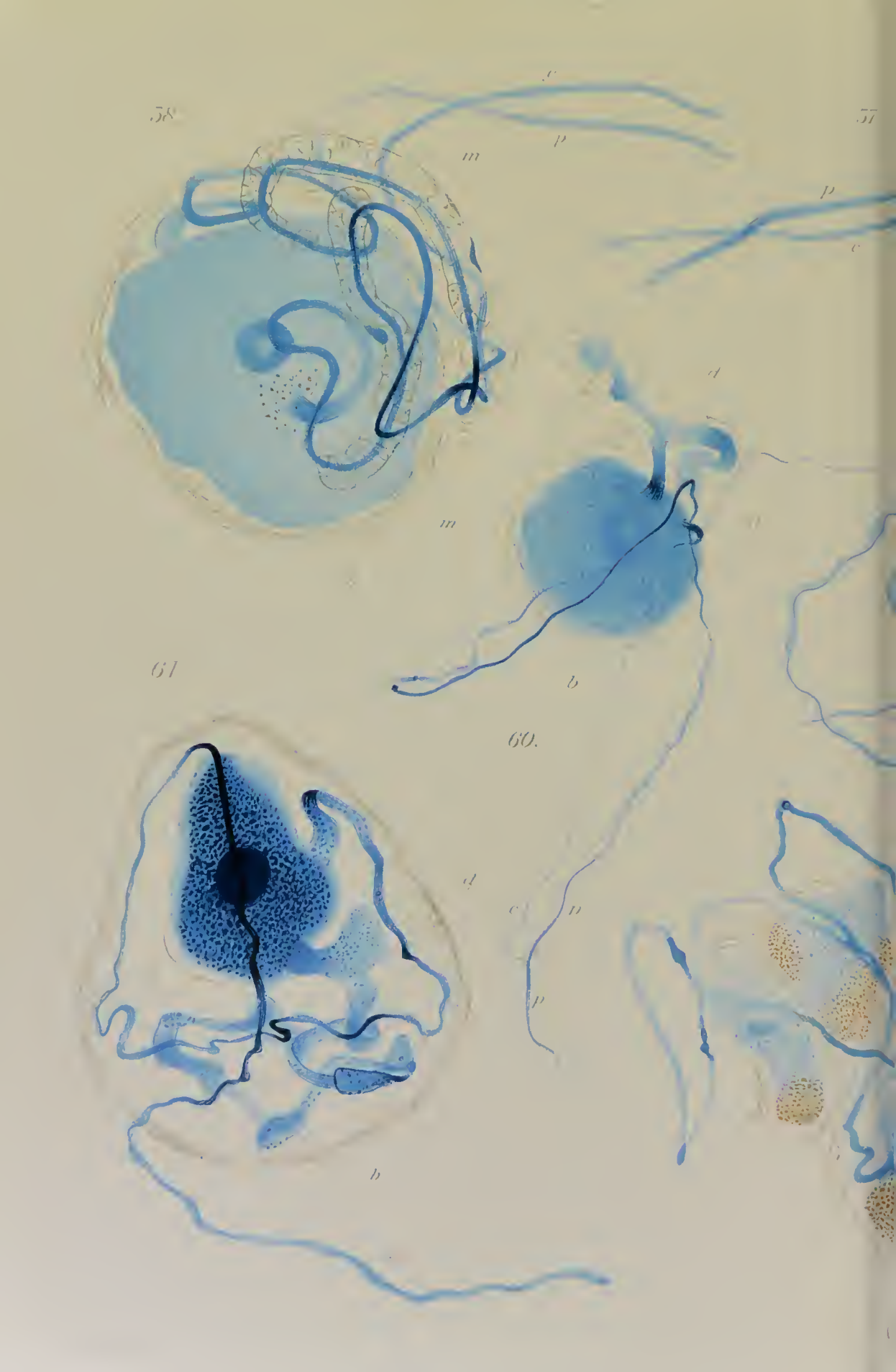


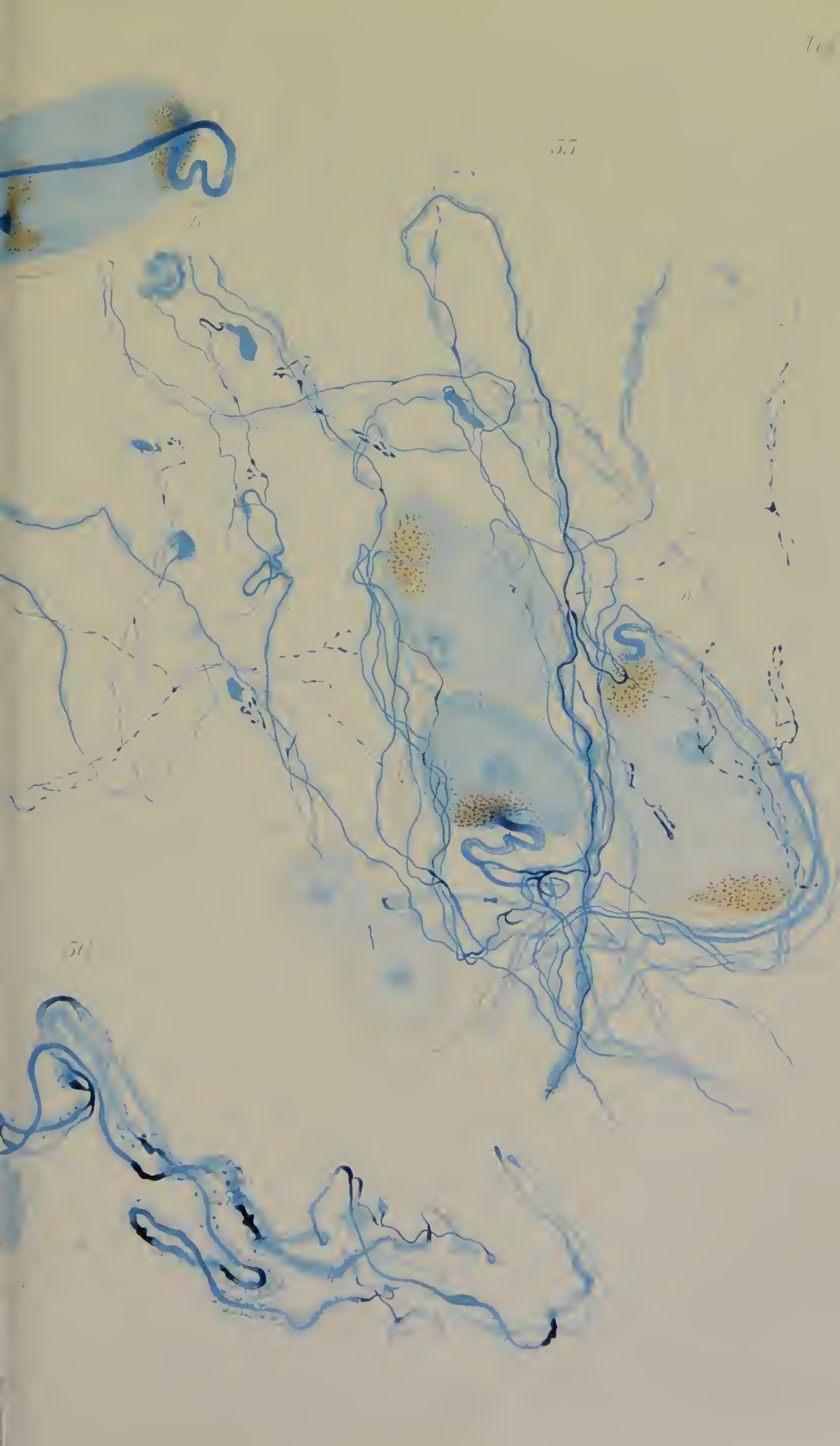

43
46
b
b
44
n
n
c
p
n
m
m


47
49.
n
b

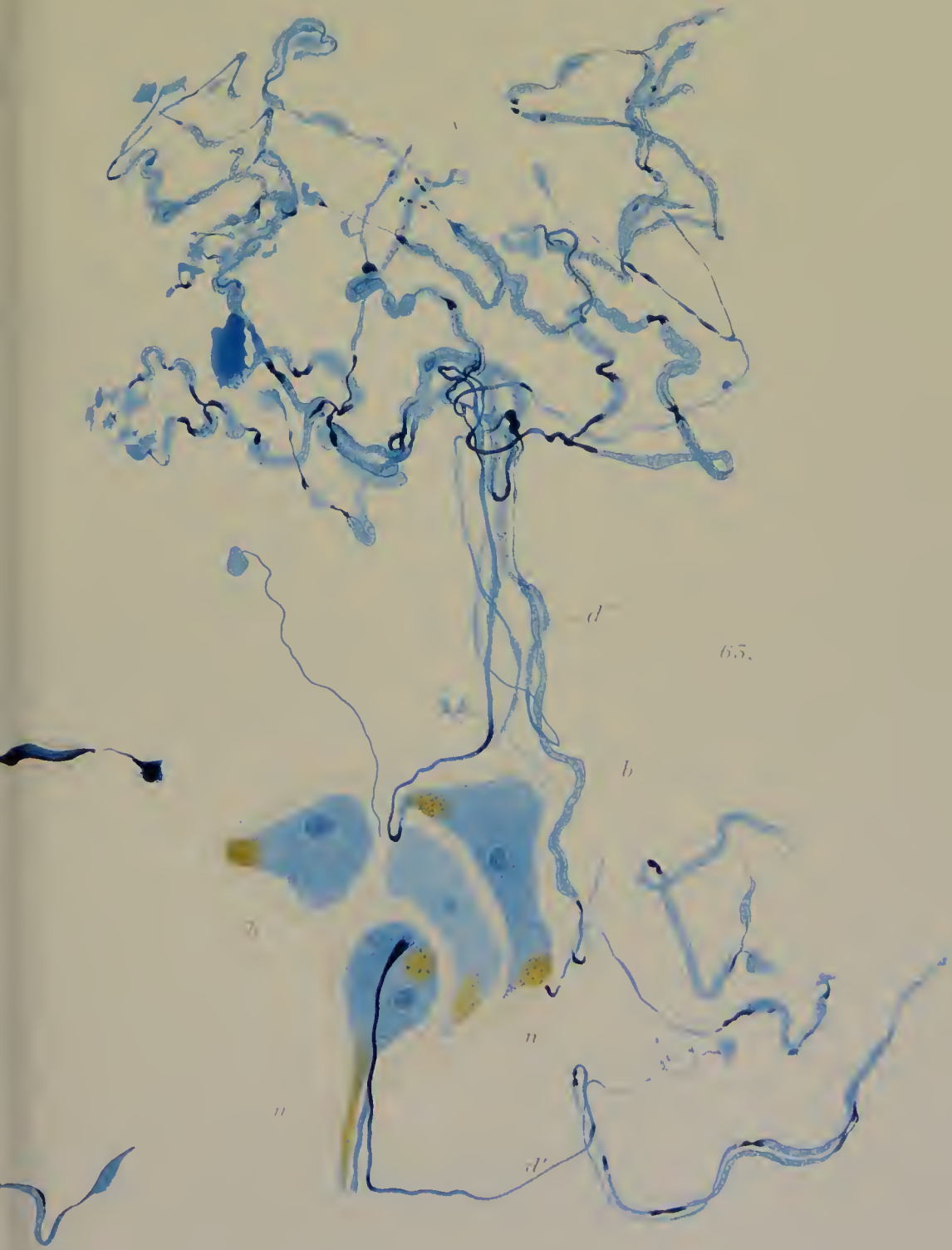

53.
b
n
n
54.
n
n
d
p
c
K

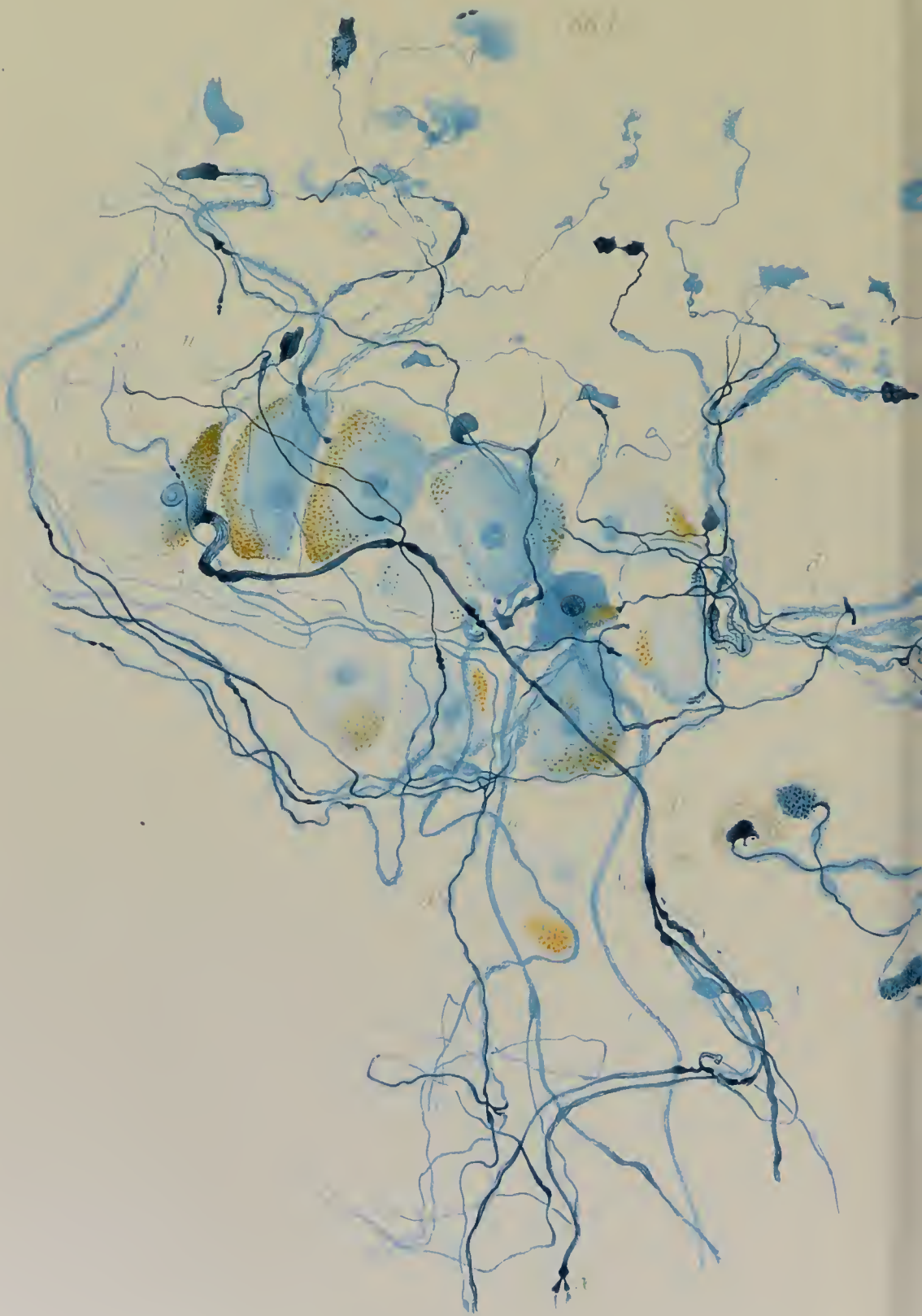

51.
52.
59.
50.


58
57
60.
61
m
p
c
d
b
n

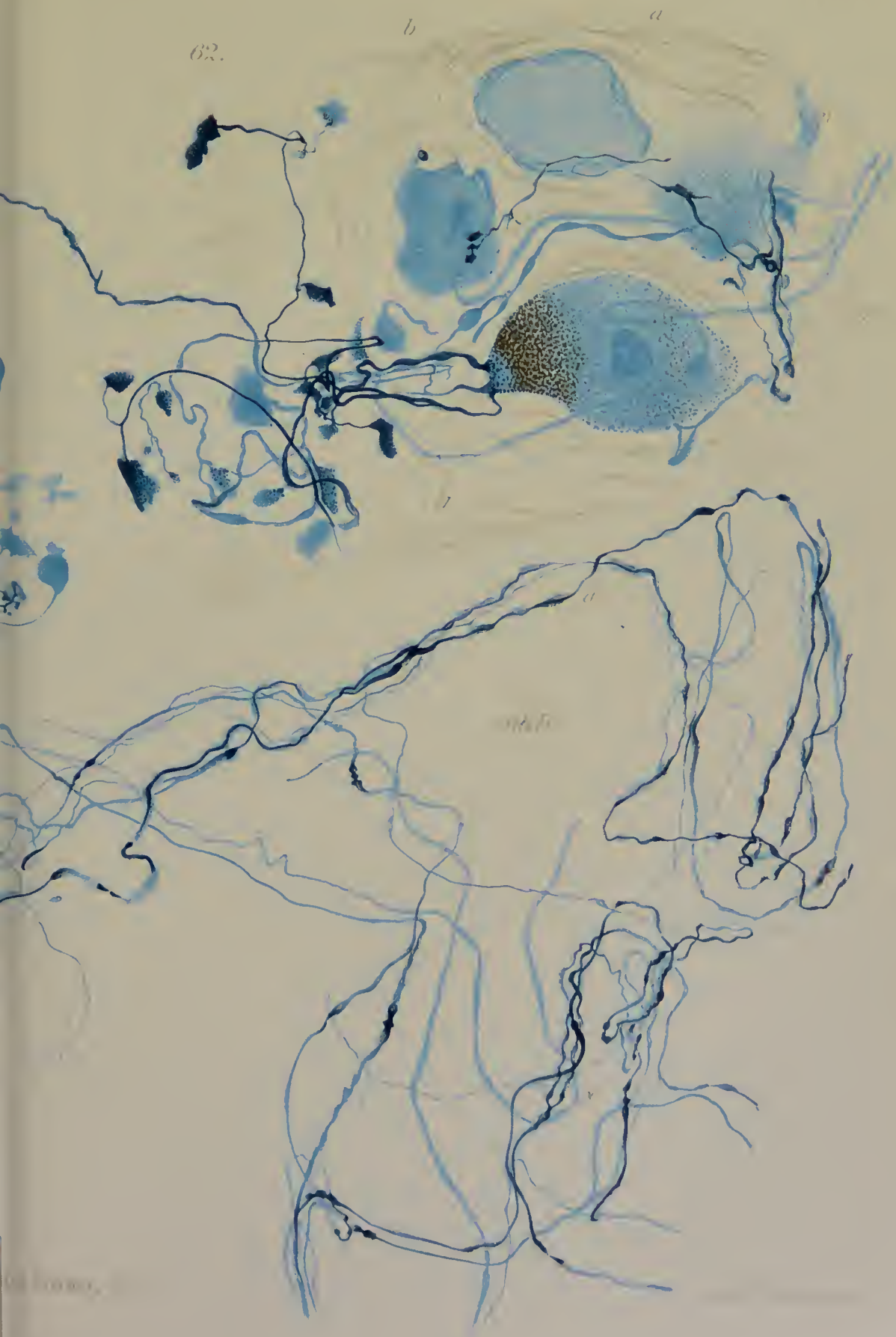


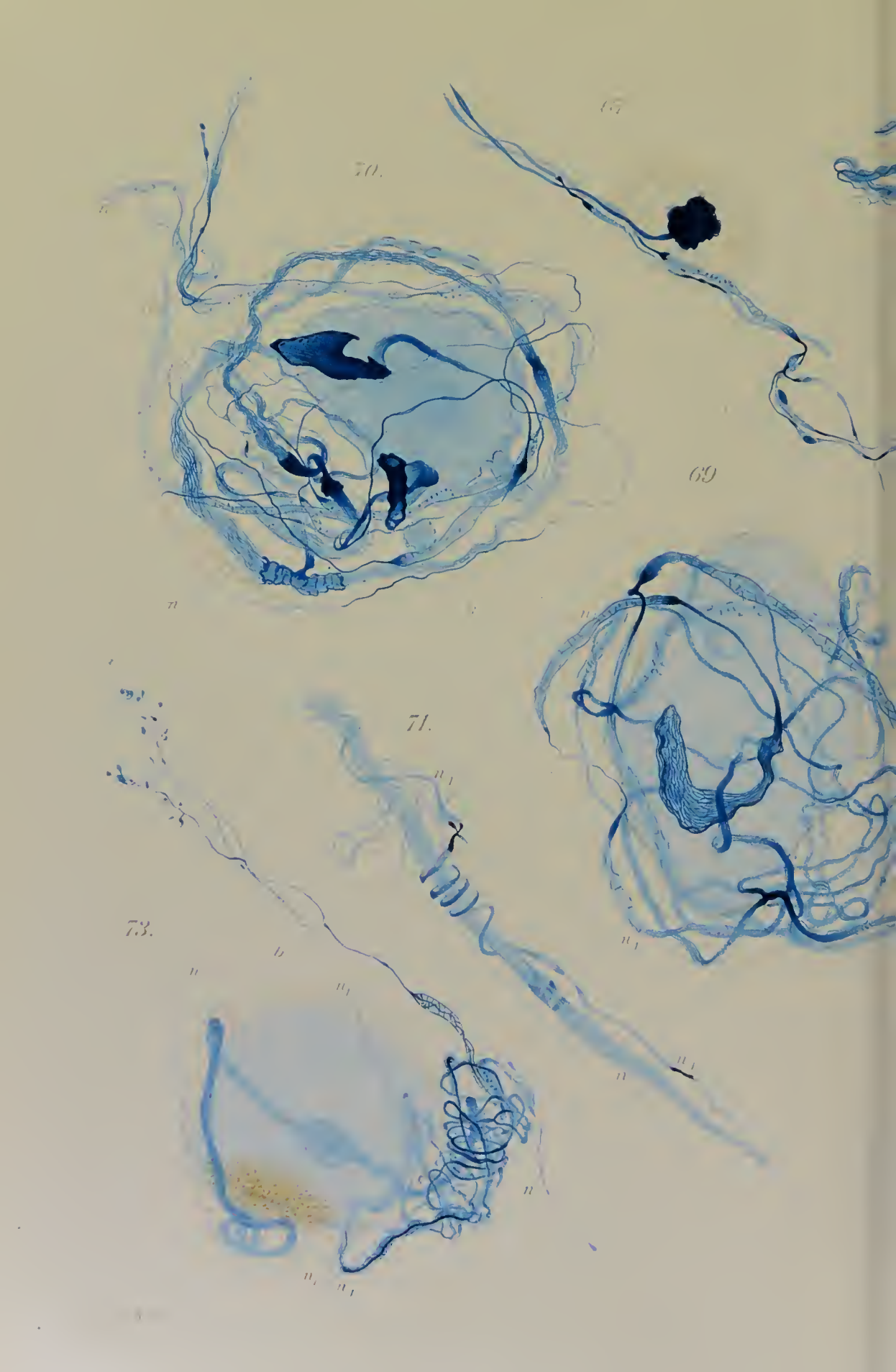
d'
64.
b
d
n
n
d'
d
b
63.

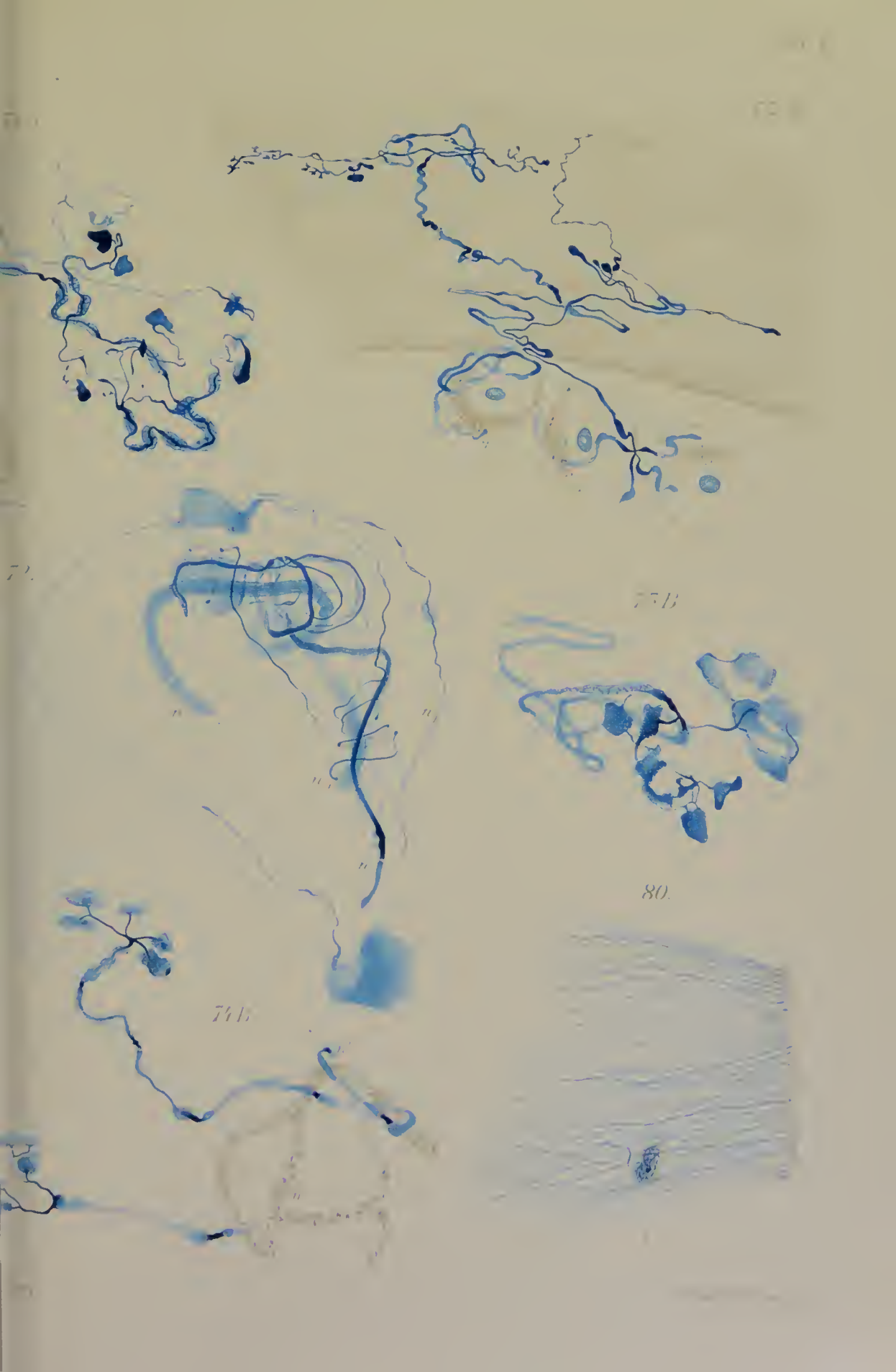

d
65.
b
n
n
d'



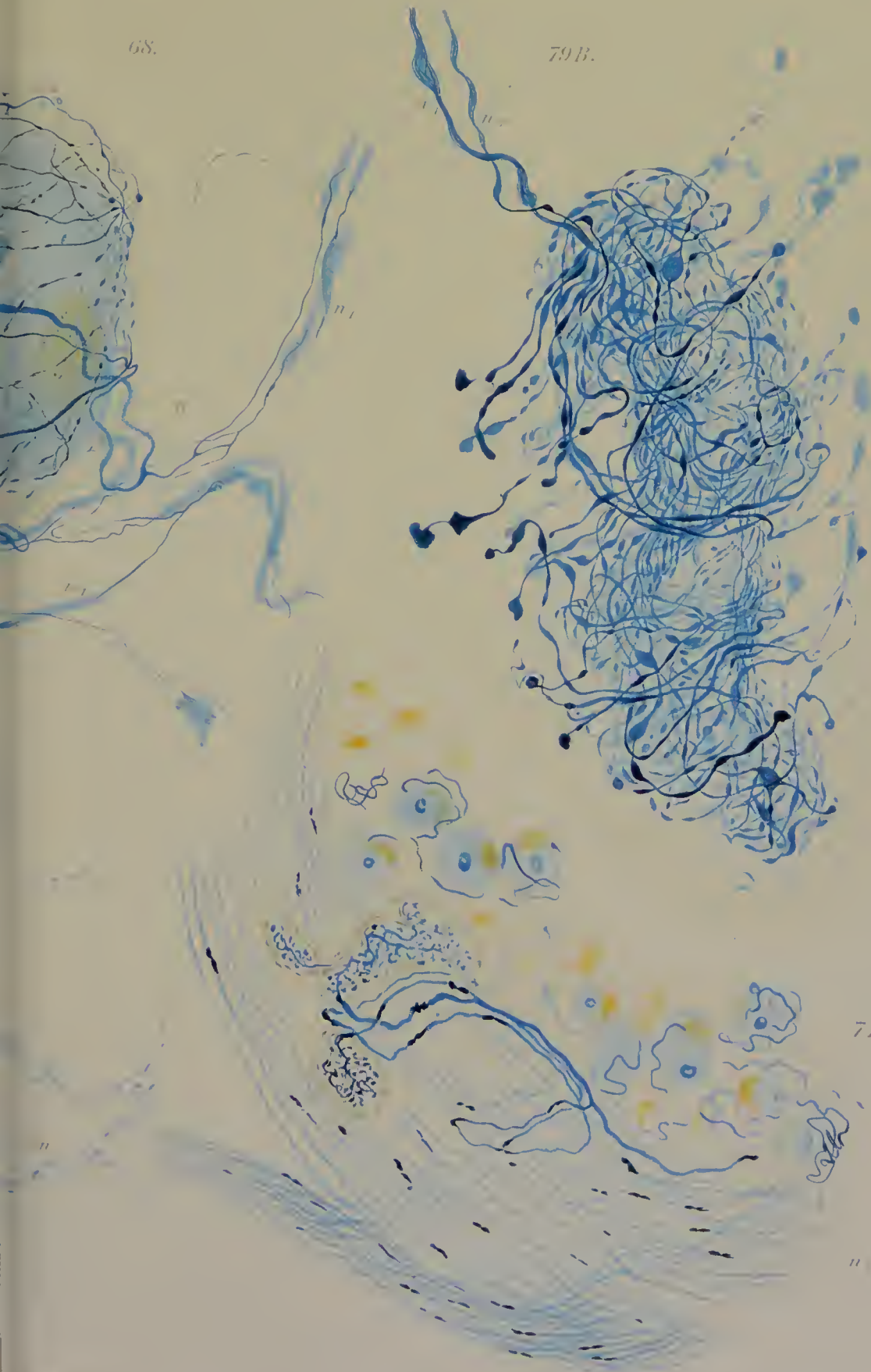
62.

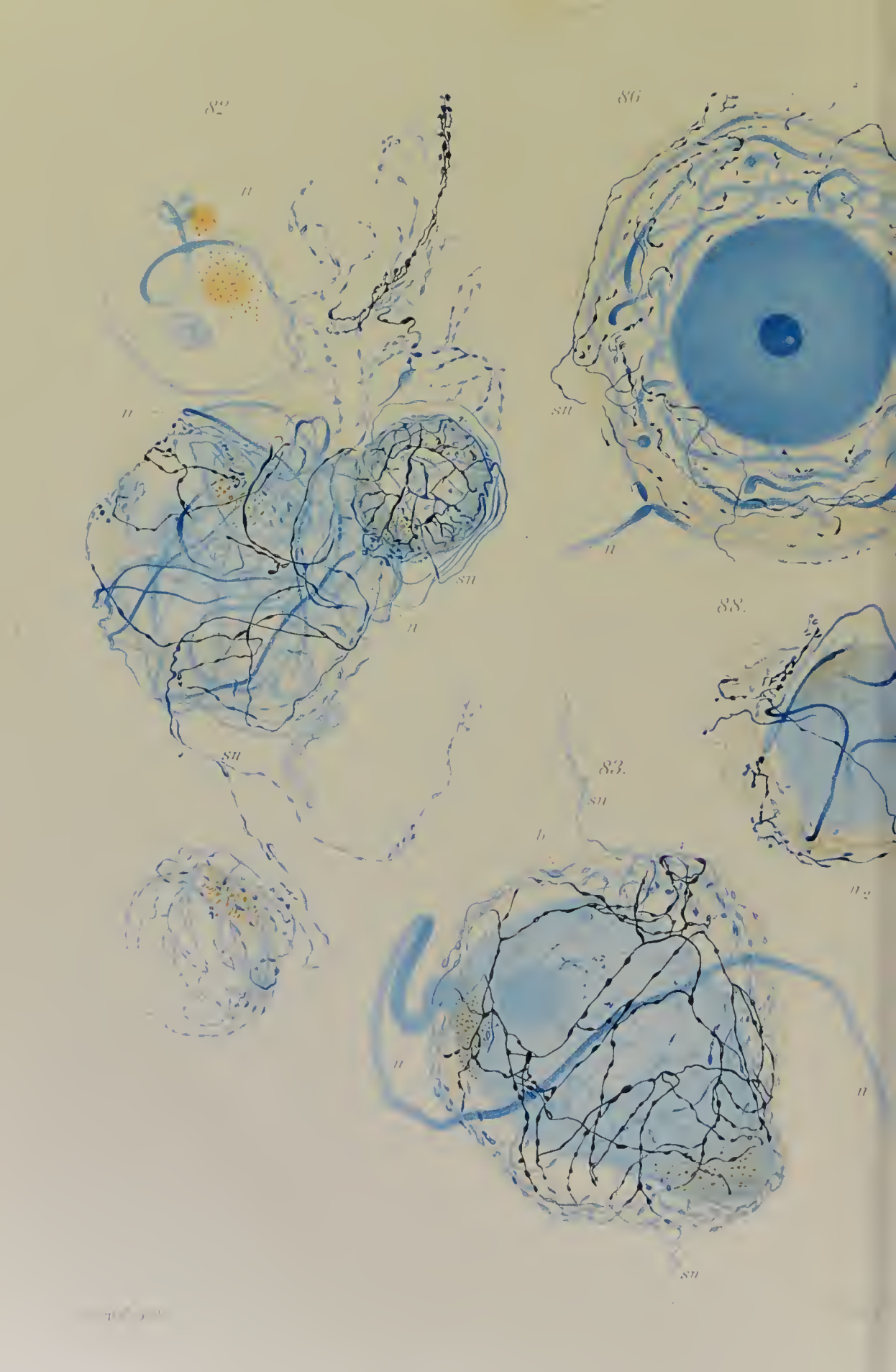



67
70.
69
71.
73.

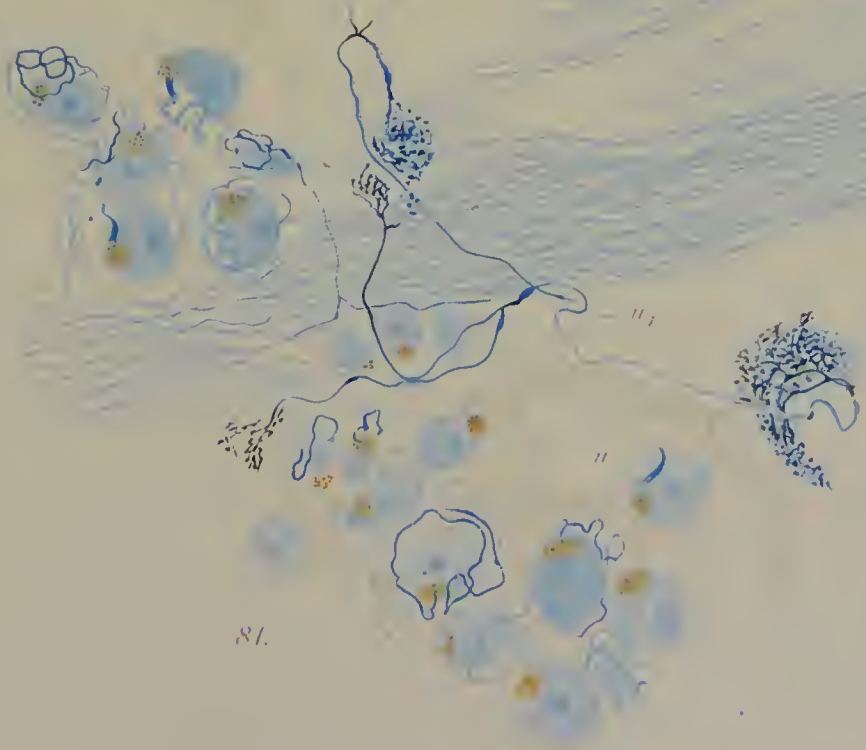


76.
79A.
84.


68.
79B.
77.

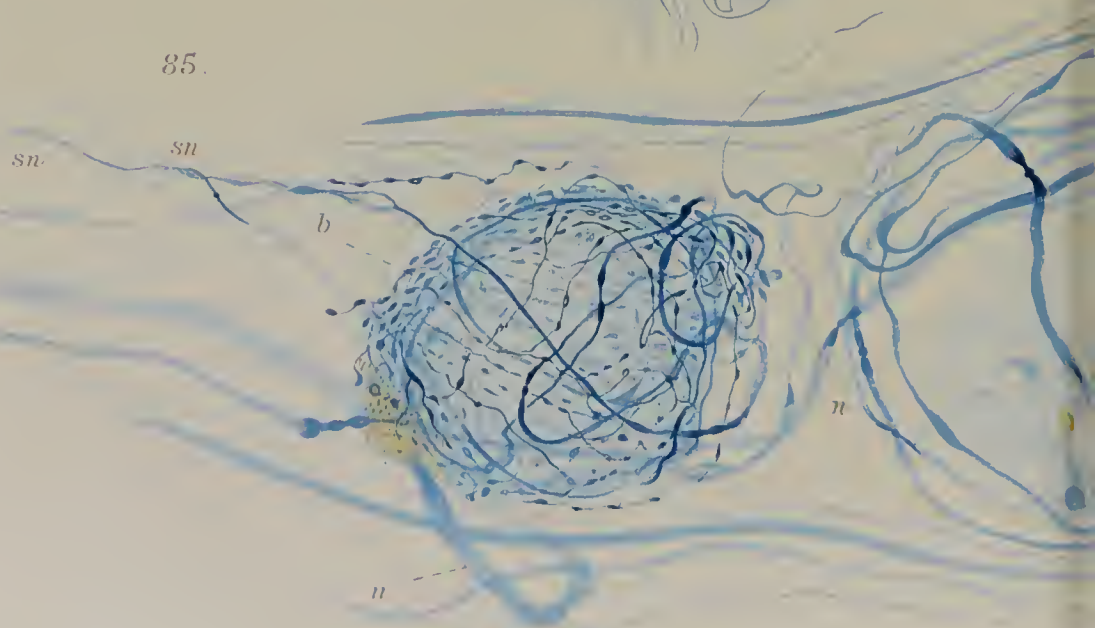

82
n
n
sn
n
sn
86
sn
n
88.
n2
83.
sn
b
n
n
sn

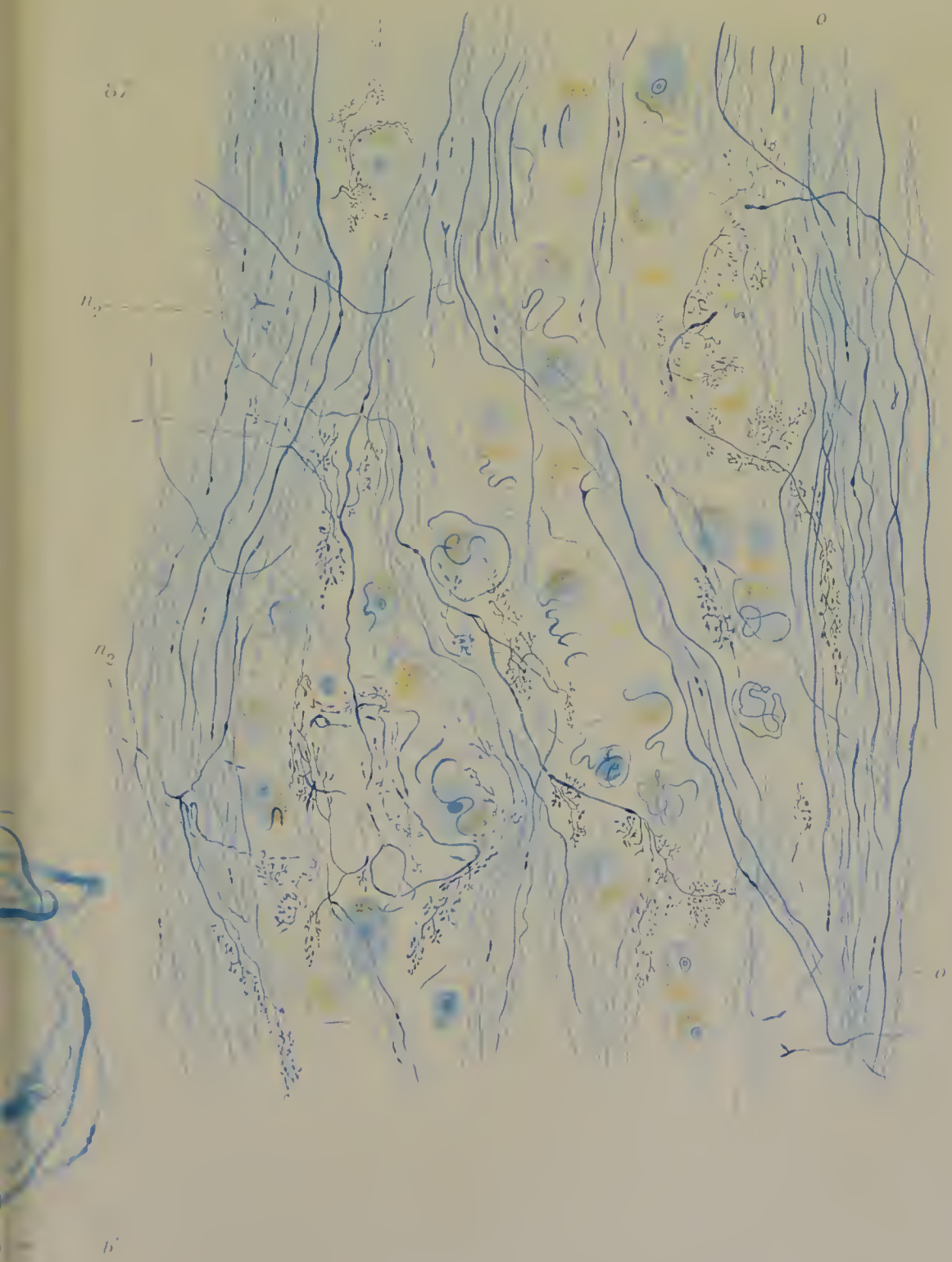
78.



81.

89.
n
p
c
o


85.
sn
b
n



ber,